

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2003年 1月27日

出 願 番 号
Application Number:

特願2003-016828

[ST.10/C]:

[JP2003-016828]

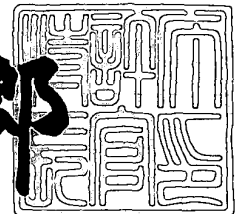
出 願 人
Applicant(s):

日産自動車株式会社

2003年 5月23日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3037677

【書類名】 特許願

【整理番号】 NM02-00891

【提出日】 平成15年 1月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02D 41/04 335

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会
社内

 【氏名】 小関 孝尚

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会
社内

 【氏名】 押味 陽一

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会
社内

 【氏名】 永石 初雄

【特許出願人】

 【識別番号】 000003997

 【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100078330

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 笹島 富二雄

 【電話番号】 03-3508-9577

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 009232

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705787

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の内部 E G R 量推定装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

排気バルブ及び吸気バルブの少なくとも一方の開閉タイミングを変化させるバルブタイミング可変機構と、

バルブタイミング可変機構の開閉タイミング変化量に基づいてバルブタイミングを算出する手段と、

前記バルブタイミング算出手段により算出される排気バルブ閉弁時の筒内温度を算出する手段と、

前記バルブタイミング算出手段により算出される排気バルブ閉弁時の筒内圧力を算出する手段と、

燃焼空燃比に応じた排気ガス組成のガス定数を算出する手段と、

少なくとも前記筒内温度、前記筒内圧力、前記ガス定数に基づいて、排気バルブ閉弁時の筒内ガス量を算出する手段と、

前記バルブタイミング算出手段の算出結果に基づく排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の吹き返しガス量を算出する手段と、

前記筒内ガス量と前記吹き返しガス量とに基づいて内部 E G R 量を算出する手段と、

を含んで構成され、

前記バルブタイミング算出手段は、

バルブクリアランスを推定する手段と、

バルブクリアランスによりバルブタイミングを補正する手段とを含んで構成されることを特徴とする内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 2】

前記排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出手段は、

排気バルブ閉弁時の筒内容積を算出する手段と、

前記排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段と、

前記排気バルブ閉弁時筒内圧力算出手段と、

前記ガス定数算出手段と、

を含んで構成され、これらの算出値に基づいて、物理式により排気バルブ閉弁時の筒内ガス量を算出することを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 3】

前記排気バルブ閉弁時筒内容積算出手段は、排気バルブ閉弁時のピストン位置から幾何学的に決まる筒内容積値を求めることを特徴とする請求項 2 記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 4】

前記ガス定数算出手段は、目標燃焼当量比に応じ、排気ガス組成の変化に対応するガス定数を求めることを特徴とする請求項 1 ～請求項 3 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 5】

前記オーバーラップ中吹き返しガス量算出手段は、

前記排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段と、

前記排気バルブ閉弁時筒内圧力算出手段と、

前記ガス定数算出手段と、

吸気圧力を算出する手段と、

排気ガス組成変化に対応した比熱比を算出する手段と、

排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の有効面積積算値を算出する手段と、

機関回転数を算出する手段と、

過給及びチョークの有無を判定する手段と、

を含んで構成され、これらの算出値に基づいて、オーバーラップ中の吹き返しガス量を算出することを特徴とする請求項 1 ～請求項 4 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 6】

前記バルブクリアランス推定手段は、バルブ温度を算出する手段を含んで構成され、そのバルブ温度に応じてバルブクリアランスを推定することを特徴とする

請求項 1 ～請求項 5 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 7】

前記バルブ温度算出手段は、エンジン負荷算出手段を含んで構成され、そのエンジン負荷に応じてバルブ温度を推定することを特徴とする請求項 6 記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 8】

前記バルブクリアランス推定手段及びバルブタイミング補正手段は、吸気バルブ及び排気バルブの各々について独立して設けられることを特徴とする請求項 1 ～請求項 7 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 9】

バルブタイミング補正手段は、

所定条件下でバルブの動作振動に基づいて実バルブタイミングを算出する手段と、

所定条件下でのバルブクリアランスによる補正後のバルブタイミングを推定する手段と、

前記実バルブタイミングと前記推定バルブタイミングとの誤差を算出する手段と、

前記誤差に基づいてバルブタイミング補正学習値を算出する手段と、

を備え、

バルブタイミングを更に前記バルブタイミング補正学習値により補正することを特徴とする請求項 1 ～請求項 8 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【請求項 1 0】

前記バルブの動作振動は、ノックセンサにより検出することを特徴とする請求項 9 記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の内部 E G R 量推定装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来から火花点火式内燃機関では、燃焼ガス中の不活性成分増大化による燃焼温度抑制によるNO_x（窒素酸化物）の低減と、ポンプロスの低減による燃費低減とを図るために、可変動弁機構を利用して、排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ量を拡大し、内部EGR量を増加させるものがある。この場合、内部EGR量に応じて、点火時期、燃料噴射量、バルブ開閉タイミングなどを補正する制御を行うことが望ましい。

【 0 0 0 3 】

特許文献1には、オーバーラップ無し条件での機関の運転状態（負荷・回転数・空燃比・EGR率・吸気負圧など）から内部EGR量の基本値を算出し、オーバーラップ時には、オーバーラップ時間とその中心クランク角位置、及び吸気圧に基づいて算出したオーバーラップによる増量補正分を、基本値に加算して内部EGR量を算出することが開示されている。

【 0 0 0 4 】

【特許文献1】

特開 2 0 0 1 - 2 2 1 1 0 5 号公報

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、運転状態が変化した場合、例えば始動後の冷機中、減速時燃料カット運転後、高速高負荷運転時の高水温時においては、バルブやシリンダヘッドなどの温度変化によりバルブ構成部品（特にシャフト部）が熱膨張することで、バルブクリアランスが変化し、オーバーラップ時間等が実際のものと異なり、内部EGR量算出値に対する実内部EGR量の誤差が大きくなってしまう。このため、実際の点火時期や実際の要求噴射量を満足できず、運転性の悪化や燃費・排気悪化を招くおそれがあった。

【 0 0 0 6 】

本発明は上記問題を解決するためになされたものであり、バルブクリアランスを推定し、これに基づいてバルブタイミングを補正して、内部EGR量をより精

度良く推定することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

そのため本発明では、バルブタイミング可変機構の開閉タイミング変化量に基づいてバルブタイミング（排気バルブ閉時期、吸気バルブ開時期等）を算出するが、バルブクリアランスを推定し、バルブクリアランスによりバルブタイミングを補正する。そして、排気バルブ閉弁時の筒内温度及び筒内圧力と、燃焼空燃比に応じた排気ガス組成のガス定数とを算出し、これらに基づいて、排気バルブ閉弁時の筒内ガス量を算出する。そして、排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の吹き返しガス量を算出し、筒内ガス量と吹き返しガス量とに基づいて内部EGR量を算出する。

【0008】

【発明の効果】

本発明によれば、バルブクリアランスを推定し、これに基づいてバルブタイミングを補正するため、内部EGR量をより精度良く推定することができ、点火時期、燃料噴射量などを適切に設定することで、運転性の向上や燃費・排気の改善が図れる。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。

図1は、内燃機関の内部EGR量推定装置のシステム構成図である。

【0010】

エンジン1の各気筒のピストン2により画成される燃焼室3には、点火プラグ4を囲むように、吸気バルブ5と排気バルブ6とを備えている。吸気バルブ5及び排気バルブ6のリフト特性（開閉時期）は、吸気側及び排気側に設けられたバルブタイミング可変機構の可変動弁ソレノイド22、23により、カム軸に対するカムの位相を変化させることで、バルブタイミングの制御が可能である。

【0011】

吸気通路7には、電子制御スロットル弁19が設けられており、これにより吸

入新気量が制御される。燃料の供給は、吸気通路 7 に気筒毎に（または各燃焼室 3 に直接臨ませて）設けたインジェクタ 2 0 によりなされる。燃焼室 3 内で混合気は点火プラグ 4 により点火されて燃焼し、排気通路 8 へ排出される。

【 0 0 1 2 】

ここで、電子制御スロットル弁 1 9、インジェクタ 2 0、点火プラグ 4（パワートラ内蔵点火コイル 2 1）、可変動弁ソレノイド 2 2、2 3 の作動は、エンジンコントロールユニット（ECU）3 0 により制御される。

【 0 0 1 3 】

これらの制御のため、ECU 3 0 には、各種センサからの信号が入力されている。

クランク角センサ 1 4 は、エンジン回転に同期してクランク角信号を出力し、これによりクランク角位置と共にエンジン回転数を検出可能である。そして、カム角センサ 1 6、1 7 は、吸気バルブ 5 及び排気バルブ 6 のカム角を検出可能であり、これにより可変動弁ソレノイド 2 2、2 3 の作動状態を検出可能である。

【 0 0 1 4 】

そして、吸気通路 7 にて吸入新気量を検出するエアフロメータ 9、電子制御スロットル弁 1 9 下流にて吸気圧力を検出する吸気圧力センサ 1 0、排気通路 7 にて排気圧力を検出する排気圧力センサ 1 1、排気通路 8 にて排気温度を検出する排気温度センサ 1 2、排気通路 8 にて排気中に含まれる酸素濃度を検出する O₂ センサ（酸素センサ）1 3、エンジン 1 の冷却水温度を検出する水温センサ 1 5、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ 1 8、エンジン 1 の振動（特にノッキング振動）を検出するノックセンサ 2 5 の出力信号も ECU 3 0 に入力され、これらの状態を検出可能である。なおノックセンサ 2 5 は、吸気バルブ 5 及び排気バルブ 6 の動作振動（着座振動など）を検出可能である。

【 0 0 1 5 】

次に、ECU 3 0 が行う内部 EGR 量及び内部 EGR 率の推定について以下に説明する。図 2 ～図 1 3 は制御構成図であり、図 1 4 ～図 2 9 は制御フローチャートであり、図 3 0 ～図 3 7 は各値を求めるテーブルである。

【 0 0 1 6 】

内部EGR率MRESFRの算出について、図2の内部EGR率算出手段の制御構成図と、図14の内部EGR率MRESFR算出フローとを用いて説明する。

【0017】

図2に示す吸入新気量算出手段は吸入新気量（新気質量）MACYL、目標燃焼当量比算出手段は目標燃焼当量比TFBYA、内部EGR量算出手段は内部EGR量MRESをそれぞれ算出し、これらの算出値に基づいて、内部EGR率算出手段は内部EGR率MRESFRを算出する。

【0018】

図14のステップ1（図ではS1と記す。以下同様）では、エアフロメータ9により計測された吸入新気量に基づいて1シリンダ当たりの吸入新気量MACYLを算出する。

【0019】

ステップ2では、クランク角センサ14の信号に基づいて検出されるエンジン回転数と、アクセル開度センサ18の信号に基づいて検出されるアクセル開度と、水温センサ15の信号に基づいて検出される冷却水温度とに応じて決まる目標燃焼当量比TFBYAを算出する。

【0020】

なお、目標燃焼当量比TFBYAは、理論空燃比（ストイキ）を14.7とすると、目標燃焼空燃比より次式により表され、目標燃焼空燃比がストイキのときに1となる。

【0021】

$$TFBYA = 14.7 / \text{目標燃焼空燃比} \cdots (1)$$

ステップ3では、後述する図15のフローチャートに従って、1シリンダ当たりの内部EGR量MRESを算出する。

【0022】

ステップ4では、内部EGR率MRESFR（1シリンダ当たりの総ガス量に対する内部EGR量の割合）を次式により算出し、処理を終了する。

$$MRESFR = MRES / \{MRES + MACYL \times (1 + TFBYA) / 1$$

4. 7) } . . . (2)

ここで、ステップ3の内部EGR量MRESの算出について、図3の内部EGR量算出手段の制御構成図と、図15の内部EGR量算出フローとを用いて説明する。

【0023】

図3に示す排気バルブ閉弁時（図には「EVC時」と示す）筒内ガス量算出手段は筒内ガス量MRESCYL、吸気バルブ5及び排気バルブ6のオーバーラップ（図には「O/L」と示す）中吹き返しガス量算出手段は吹き返しガス量MRESOLをそれぞれ算出し、これらの算出値に基づいて、内部EGR量算出手段は内部EGR量MRESを算出する。

【0024】

図15のステップ5では、後述する図16のフローチャートに従って、排気バルブ閉弁時においてシリンダ内部に残留しているガス量である排気バルブ閉弁時筒内ガス量MRESCYLを算出する。

【0025】

ステップ6では、後述する図17のフローチャートに従って、オーバーラップ中に排気側から吸気側へ吹き返すガス量であるオーバーラップ中吹き返しガス量MRESOLを算出する。

【0026】

ステップ7では、排気バルブ閉弁時筒内ガス量MRESCYLとオーバーラップ中吹き返しガス量MRESOLとを加算して、内部EGR量MRESを次式により算出する。

【0027】

$$MRES = MRESCYL + MRESOL \cdot \cdot \cdot (3)$$

ここで、ステップ5の排気バルブ閉弁時筒内ガス量MRESCYLの算出について、図4の排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出手段の制御構成図と、図16の排気バルブ閉弁時筒内ガス量MRESCYL算出フローとを用いて説明する。

【0028】

図4に示す目標燃焼当量比算出手段は排気ガスの目標燃焼当量比TFBYAを

算出し、この値に基づき、排気ガスガス定数算出手段はガス定数 R_{EX} を算出する。排気バルブ閉弁時筒内容積算出手段は筒内容積 V_{EVC} 、排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段は筒内温度 T_{EVC} 、排気バルブ閉弁時圧力算出手段は筒内圧力 P_{EVC} をそれぞれ算出する。そして、これらの算出値に基づき、排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出手段は筒内ガス量 M_{RESCYL} を算出する。

【 0 0 2 9 】

図 16 のステップ 8 では、後述する図 23 のフローチャートに従って、排気バルブ閉弁時筒内容積 V_{EVC} を求める。

ステップ 9 では、図 30 に示すテーブルから目標燃焼当量比 T_{FBYA} に応じた排気ガスのガス定数 R_{EX} を求める。図 30 は、排気ガスガス定数 R_{EX} 算出テーブルであり、横軸は目標燃焼当量比 T_{FBYA} 、縦軸は排気ガスのガス定数 R_{EX} を示している。なお、図 30 中の点線はストイキを示している。

【 0 0 3 0 】

ステップ 10 では、排気温度センサ 12 の信号に基づいて検出した排気温度に基づいて、排気バルブ閉弁時筒内温度 T_{EVC} を推定する。なお、排気バルブ閉弁時筒内温度 T_{EVC} は、インジェクタ 20 の燃料噴射量に応じた熱量により変化するため、このような特性を利用したテーブルから求めてもよい。

【 0 0 3 1 】

ステップ 11 では、排気圧力センサ 11 の信号に基づいて検出された排気圧力に基づいて、排気バルブ閉弁時筒内圧力 P_{EVC} を推定する。なお、排気バルブ閉弁時筒内圧力 P_{EVC} は、混合気体積と排気系の管内抵抗とで決まるため、混合気体積流量に応じたテーブルから求めてもよい。

【 0 0 3 2 】

ステップ 12 では、ステップ 8 ～ステップ 11 において算出された排気バルブ閉弁時筒内容積 V_{EVC} 、排気ガスガス定数 R_{EX} 、排気バルブ閉弁時筒内温度 T_{EVC} 、排気バルブ閉弁時筒内圧力 P_{EVC} の算出値から、排気バルブ閉弁時においてシリンダ内部に残留している排気バルブ閉弁時筒内ガス量 M_{RESCYL} を次式により算出する。

【 0 0 3 3 】

$$MRESCYL = (PEVC \times VEVC) / (REX \times TEVC) \cdots (4)$$

ここで、図9のステップ6のオーバーラップ中に排気側から吸気側へ吹き返すガス量MRESOLの算出について、図5のオーバーラップ中吹き返しガス量算出の制御構成図と、図17のオーバーラップ中吹き返しガス量MRESOL算出フローとを用いて説明する。

【0034】

図5では、目標燃焼当量比算出手段は当量比TFBYAを算出し、この算出値に基づいて、排気ガスガス定数算出手段はガス定数REXを算出する。オーバーラップ中有効面積算出手段は、後述する図28に従って、有効面積ASUMOLを算出する。そして、これらの算出値と、エンジン回転数算出手段、排気ガス比熱比算出手段、排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段、排気バルブ閉弁時筒内圧力算出手段、吸気圧力算出手段、チョーク過給判定算出手段による各算出値とに基づいて、オーバーラップ中吹き返しガス量算出手段は吹き返しガス量MRESOLを算出する。

【0035】

図17のステップ13では、後述する図28のフローチャートに従って、オーバーラップ中有効面積ASUMOLを算出する。

ステップ14では、クランク角センサ14の信号に基づいてエンジン回転数NRPMを算出する。

【0036】

ステップ15では、図31に示すマップから排気ガス比熱比SHEATRを算出する。この制御構成は図6に示す。

図6に示す目標燃焼当量比算出手段は目標燃焼当量比TFBYA、排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段は筒内温度TEVCをそれぞれ算出し、これらの算出値に基づき、排気ガス比熱比算出手段は排気ガス比熱比SHEATRを算出する。

【0037】

図31は、排気ガス比熱比算出マップであり、横軸は目標燃焼当量比TFBYA、縦軸は排気ガス比熱比SHEATRを示している。なお、図中の点線はスト

イキの位置を示しており、目標燃焼当量比 $T F B Y A$ がストイキ近傍にあるときは排気ガス比熱比 $S H E A T R$ が小さくなり、リッチ側またはリーン側になると比熱比 $S H E A T R$ が大きくなる。そして、排気バルブ閉弁時の筒内温度 $T E V C$ が変化した場合を太線矢印で示す。ここで、図14のステップ2で算出した目標燃焼当量比 $T F B Y A$ と、図16のステップ10で算出した排気バルブ閉弁時筒内温度 $T E V C$ とに応じて、排気ガス比熱比 $S H E A T R$ を求める。

【0038】

ステップ16では、後述する図7の過給・チョーク判定手段の制御構成図と、図18の過給判定 $T B C R G$ ・チョーク判定 $C H O K E$ フローとにより、過給判定 $T B C R G$ 及びチョーク判定 $C H O K E$ を行う。

【0039】

ステップ17では、ステップ16での過給判定フラグ $T B C R G$ が0であるか否か、すなわち過給状態を判断する。過給判定フラグ $T B C R G$ が0の場合は、ステップ18へ進み、過給判定フラグ $T B C R G$ が0でない場合は、ステップ21へ進む。

【0040】

ステップ18では、ステップ16でのチョーク判定フラグ $C H O K E$ が0であるか否か、すなわちチョーク状態を判断する。

チョーク判定フラグ $C H O K E$ が0の場合は、ステップ19へ進み、後述する図19のフローから、過給無し且つチョーク無し時のオーバーラップ中の吹き返しガス流量 $M R E S O L t m p$ を算出する。

【0041】

一方、ステップ18で、ステップ16でのチョーク判定フラグ $C H O K E$ が0でない場合には、ステップ20へ進み、後述する図20のフローから、過給無し・チョーク有り時のオーバーラップ中の吹き返しガス流量 $M R E S O L t m p$ を算出する。

【0042】

また、ステップ17で、ステップ16での過給判定フラグ $T B C R G$ が1、すなわち過給状態であり、且つステップ21でチョーク判定フラグ $C H O K E$ が0

の場合は、ステップ22へ進み、後述する図21のフローから、過給有り・チョーク無し時のオーバーラップ中の吹き返しガス流量MRESOLtmpを算出する。

【0043】

一方、ステップ21で、ステップ16でのチョーク判定フラグCHOKEが1の場合は、ステップ23へ進み、後述する図22のフローから、過給有り・チョーク有り時の吹き返しガス流量MRESOLtmpを算出する。

【0044】

ステップ19, 20, 22, 23で吹き返しガス流量MRESOLtmpを算出した後は、ステップ24へ進む。

ステップ24では、過給の有無とチョークの有無との状態に応じて、吹き返しガス流量MRESOLtmpとオーバーラップ期間中の積算有効面積ASUMOLとを積算することで、オーバーラップ中の吹き返しガス量MRESOLを次式により算出する。

【0045】

$$MRESOL = (MRESOLtmp \times ASUMOL \times 60) / (NRPM \times 360) \dots (5)$$

ここで、ステップ16における過給・チョーク判定について、図7の過給・チョーク判定手段の制御構成図と、図18の過給判定TBCRG・チョーク判定CHOKEフローとを用いて説明する。

【0046】

図7に示す通り、排気ガス比熱比算出手段、排気バルブ閉弁時筒内圧力算出手段、吸気圧力算出手段の各算出値に基づき、過給・チョーク判定手段は過給判定TBCRGとチョーク判定CHOKEとを行う。

【0047】

図18のステップ25では、吸気圧力センサ10の信号に基づいて検出された吸気圧力PINと、図16のステップ11で算出された排気バルブ閉弁時筒内圧力PEVCとの比、すなわち吸気排気圧力比PINBYEXを次式により算出する。

【0048】

$$P_{INBYEX} = P_{IN} / P_{EVC} \cdots (6)$$

ステップ26では、吸気排気圧力比 P_{INBYEX} が1以下であるか否か、すなわち過給状態を判断する。

【0049】

吸気排気圧力比 P_{INBYEX} が1以下の場合、すなわち過給無しの場合は、ステップ27へ進み、過給判定フラグ $TBCRG$ を0に設定し、ステップ30へ進む。

【0050】

一方、吸気排気圧力比 P_{INBYEX} が1より大きい場合、すなわち過給有りの場合は、ステップ28へ進み、過給判定フラグ $TBCRG$ を1に設定し、ステップ29へ進み、図17のステップ15で算出した排気ガス比熱比 $SHEATR$ を、図32に示すテーブルから求めた空気及び燃料の混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ とする($SHEATR = MIXAIRSHR$)。

【0051】

図32は、混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ 算出テーブルであり、横軸は目標燃焼当量比 $TFBYA$ 、縦軸は混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ を示している。なお、図中の点線はストイキを示し、比熱比 $MIXAIRSHR$ は、リーン側のときは大きく、リッチ側のときは小さくなる。そして、図14のステップ2で算出した目標燃焼当量比 $TFBYA$ に対応する混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ をテーブルから求める。

【0052】

そして、ステップ29において、排気ガス比熱比 $SHEATR$ を混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ に置き換える($SHEATR = MIXAIRSHR$)ことで、ターボ過給や慣性過給等の過給時におけるオーバーラップ中のガス流れが吸気系から排気系へ向かう(吹き抜ける)ときにおいても、オリフィスを通過するガスの比熱比を排気ガスの比熱比から吸気混合気の比熱比に変更することにより、吹き抜けるガス量を精度良く推定し、内部 EGR 量を精度良く算出する。

【0053】

ステップ30では、ステップ15またはステップ29で算出した排気ガス比熱比SHEATRに基づき、最小と最大とのチョーク判定しきい値SLCHOKEL, SLCHOKEHを次式により算出する。

【0054】

$$SLCHOKEL = \{2 / (SHEATR + 1)\}^{\{SHEATR / (SHEATR - 1)\}} \cdots (7a)$$

$$SLCHOKEH = \{2 / (SHEATR + 1)\}^{\{-SHEATR / (SHEATR - 1)\}} \cdots (7b)$$

このチョーク判定しきい値SLCHOKEL, SLCHOKEHは、チョークする限界値を算出している。

【0055】

また、ステップ30において、制御構成上、累乗計算が困難な場合には、予め、(7a), (7b)式の計算結果を、最小チョーク判定しきい値SLCHOKELテーブルと最大チョーク判定しきい値SLCHOKEHテーブルとして記憶しておき、排気ガス比熱比SHEATRに応じて求めてもよい。

【0056】

ステップ31では、ステップ25で算出した吸気排気圧力比PINBYEXが、最小チョーク判定しきい値SLCHOKEL以上で且つ最大チョーク判定しきい値SLCHOKEH以下の範囲内にあるか否か、すなわちチョーク状態を判定する。

【0057】

吸気排気圧力比PINBYEXが範囲内にある場合、すなわちチョーク無しと判断した場合は、ステップ32へ進み、チョーク判定フラグCHOKEを0に設定する。

【0058】

一方、吸気排気圧力比PINBYEXが範囲内でない場合、すなわちチョーク有りと判断した場合は、ステップ33へ進み、チョーク判定フラグCHOKEを1に設定する。

【0059】

また、図17のステップ19の吹き返しガス流量MRESOLtmpの算出について、図19の過給無し・チョーク無し時オーバーラップ中吹き返しガス流量算出フローを用いて説明する。

【0060】

ステップ34では、図16のステップ9で算出された排気ガスのガス定数REXと、ステップ10で算出された排気バルブ閉弁時の筒内温度TEVCとに基づき、ガス流量算出式密度項MRSOLDを次式により算出する。

【0061】

$$MRSOLD = \text{SQRT} \{ 1 / (REX \times TEVC) \} \cdots (8)$$

ここで、SQRTは温度及びガス定数に関する係数である。なお、制御構成上、ガス流量算出式密度項MRSOLDの算出が困難な場合は、予め、(8)式の計算結果をマップとして記憶しておき、排気ガスガス定数REXと筒内温度TEVCとに応じて求めてもよい。

【0062】

ステップ35では、図17のステップ15で算出された排気ガス比熱比SHEATRと、図18のステップ25で算出された吸気排気圧力比PINBYEXとに基づき、ガス流量算出式圧力差項MRSOLPを次式により算出する。

【0063】

$$MRSOLP = \text{SQRT} [SHEATR / (SHEATR - 1) \times \{ PINBYEX^{(2/SHEATR)} - PINBYEX^{((SHEATR+1)/SHEATR)} \}] \cdots (9)$$

ステップ36では、図16のステップ11で算出された排気バルブ閉弁時筒内圧力PEVCと、図19のステップ34とステップ35とで算出されたガス流量算出式密度項MRSOLDとガス流量算出式圧力差項MRSOLPとに基づいて、過給無し・チョーク無し時のオーバーラップ中の吹き返し流量MRESOLtmpを次式により算出する。

【0064】

$$MRESOLtmp = 1.4 \times PEVC \times MRSOLD \times MRSOLP \cdots$$

(10)

また、ステップ20の吹き返しガス流量MRESOLtmpについて、図20の過給無し・チョーク有り時の吹き返しガス流量算出フローを用いて説明する。

【0065】

ステップ37では、図20のステップ34と同じく、ガス流量算出式密度項MRSOLDを前述の(8)式より算出する。

ステップ38では、図17のステップ15で算出された排気ガス比熱比SHEATRに基づき、ガス流量算出式チョーク時圧力差項MRSOLPCを次式により求める。

【0066】

$$MRSOLPC = \text{SQRT} [SHEATR \times \{2 / (SHEATR + 1)\} \times \{(SHEATR + 1) / (SHEATR - 1)\}] \cdots (11)$$

なお、制御構成上、累乗計算が困難な場合には、予め(11)式の計算結果を、ガス流量算出式チョーク時圧力差項MRSOLPCマップとして記憶しておき、排気ガス比熱比SHEATRに応じて求めてもよい。

【0067】

ステップ39では、図16のステップ11で算出された排気バルブ閉弁時筒内圧力PEVCと、図20のステップ37で算出されたガス流量算出式密度項MRSOLDと、ステップ38で算出されたチョーク時圧力差項MRSOLPCに基づいて、過給無し・チョーク有り時のオーバーラップ中吹き返し流量MRESOLtmpを次式により算出する。

【0068】

$$MRESOLtmp = PEVC \times MRSOLD \times MRSOLPC \cdots (12)$$

また、ステップ22のオーバーラップ中の平均吹き返しガス流量MRESOLtmpの算出について、図21の過給有り・チョーク無し時の吹き返しガス流量算出フローを用いて説明する。

【0069】

ステップ40では、図17のステップ29で算出された排気ガス比熱比SHEATRと、ステップ25で算出された吸気排気圧力比PINBYEXとに基づき

、ガス流量算出式過給時圧力差項MRSOLPTを次式により求める。

【0070】

$$\text{MRSOLPT} = \text{SQRT} \left[\text{SHEATR} / (\text{SHEATR} - 1) \times \{ \text{PINBYEX}^{(-2/\text{SHEATR})} - \text{PINBYEX}^{-(\text{SHEATR} + 1)/\text{SHEATR}} \} \right] \cdots (13)$$

なお、制御の構成上、累乗計算が困難な場合は、予め(13)式の計算結果を、ガス流量算出式過給時圧力差項MRSOLPTマップとして記憶しておき、排気ガス比熱比SHEATRと吸気排気圧力比PINBYEXとに応じて求めてもよい。

【0071】

ステップ41では、吸気圧力センサ10の信号に基づいて検出された吸気圧力PINと、ステップ40で算出された過給時圧力差項MRSOLPTとに基づいて、過給有り・チョーク無し時オーバーラップ中吹き返しガス流量MRESOLtmpを次式により算出する。

【0072】

$$\text{MRESOLtmp} = -0.152 \times \text{PIN} \times \text{MRSOLPT} \cdots (14)$$

ここで、吹き返しガス流量MRESOLtmpは負の値を示すことで、オーバーラップ中に吸気系から排気系へ吹き抜けるガス流量を表すことができ、これに基づいて内部EGR量を減じる。

【0073】

また、ステップ23の吹き返しガス流量MRESOLtmpの算出について、図22の過給有り・チョーク有り時オーバーラップ中吹き返しガス流量算出フローを用いて説明する。

【0074】

ステップ42では、図20のステップ38と同じく、ガス流量算出式チョーク時圧力差項MRSOLPCを(11)式またはマップから求める。

ステップ43では、吸気圧力PINと、ガス流量算出式チョーク時圧力差項MRSOLPCとに基づいて、過給有り・チョーク有り時のオーバーラップ中吹き

返しガス流量 $MRESOL_{tmp}$ を次式により算出する。

【0075】

$$MRESOL_{tmp} = -0.108 \times PIN \times MRSOLPC \cdots (15)$$

ここで、吹き返しガス流量 $MRESOL_{tmp}$ は負の値を示すことで、オーバーラップ中に吸気側から排気側へ吹き抜けるガス流量を表すことができ、内部EGR量を減じることとなる。

【0076】

ここで、ステップ19, 20, 22, 23で、過給の有無とチョークの有無との状態に応じて、吹き返しガス流量 $MRESOL_{tmp}$ を算出する。そして、前述のステップ24でオーバーラップ中吹き返しガス量 $MRESOL$ を算出した後は、図15のステップ6からステップ7へ進み、前述のステップ7で内部EGR量 $MRES$ を算出する。そして、図14のステップ3からステップ4へ進み、前述の内部EGR率 $MRESFR$ を算出して、処理を終了する。

【0077】

また、図16のステップ8の排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ の算出について、図8の排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ 算出の制御構成図と、図23の排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ 算出フローとを用いて説明する。

【0078】

図8に示す排気バルブ閉弁時筒内容積算出手段は、後述する排気バルブタイミング変化量算出手段の算出値 $VTEOFS$ に基づいて、排気バルブ閉弁時のピストン位置から幾何学的に決まる排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ を算出する。

【0079】

図23のステップ44では、後述する図24のフローチャートに従って、オーバーラップ増大側、すなわち排気バルブ閉弁時が遅くなる方への変化量である排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ を算出する。

【0080】

ステップ45では、排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ に応じて、図33に示すテーブルから排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ を求める。

図33は、排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ 算出テーブルであり、横軸は排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ 、縦軸は排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ を示している。

【0081】

なお、排気バルブ閉弁時のピストン2の位置と筒内容積 $VEVC$ との関係を変化させる機構を有するエンジンにおいては、それらの変化量に応じた排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ をテーブルから求めてもよい。

【0082】

なお、圧縮比を変化させる機構を有するエンジンにおいては、圧縮比の変化量に応じた排気バルブ閉弁時筒内容積 $VEVC$ をテーブルから求めてもよい。

ここで、図23のステップ44の排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ の算出について、図9の排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ の算出の制御構成図と、図24の排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ 算出フローとを用いて説明する。

【0083】

図9では、排気バルブタイミング基本変化量算出手段がクランク角センサ14及び排気側カム角センサ17の信号から、両者の相対関係に応じて検出される排気バルブタイミング基本変化量（排気カム捻り角度） $VTCNOWE$ を算出する。バルブタイミング変化量補正量算出手段がバルブクリアランス量算出手段の算出値 $VCLE$ に基づいて、バルブタイミング変化量補正量 $VTCLE$ を算出する。そして排気バルブタイミング変化量算出手段が、これらの算出値 $VTCNOWE$ 、 $VTCLE$ とバルブタイミング補正学習値算出手段の算出値 $VTHOSE$ とに基づいて、排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ を算出する。

【0084】

図24のステップ46では、クランク角センサ14及び排気側カム角センサ17の信号に基づいて、排気バルブタイミング基本変化量（排気カム捻り角度） $VTCNOWE$ を算出する。

【0085】

ステップ47では、後述する図25のフローチャートに従って、バルブクリア

ランス量VCL Eを算出する。

ステップ48では、排気バルブクリアランス量VCL Eに応じて、図34（イ）に示すテーブルから排気バルブタイミング変化量補正量VTCL Eを求める。

【0086】

図34（イ）は、排気バルブタイミング変化量補正量VTCL E算出テーブルであり、横軸は排気バルブクリアランス量VCL E、縦軸は基準クリアランス量（定常状態時）でのバルブタイミングに対する排気バルブタイミング変化量補正量VTCL Eを示している。これによると、排気バルブ6のクリアランス量VCL Eが小さくなると（左側へ向かうと）、閉弁時期がVTCL E分遅くなるので、オーバーラップ増大側へのバルブタイミング変化量を増大補正する必要があることを示している。

【0087】

図24のステップ49では、後述する図26のフローチャートに従って、バルブタイミング補正学習値VTHOSEを算出する。

ステップ50では、排気バルブタイミング変化量VTEOFSを、排気バルブタイミング基本変化量（排気カム捻り角度）VTCNOWE、バルブ温度VTMP Eによるバルブクリアランス量VCL Eの変化に基づく排気バルブタイミング変化量補正量VTCL E、カム摩耗・シム摩耗によるバルブクリアランス量VCL Eの変化の学習値に基づく排気バルブタイミング補正学習値VTHOSEを加算することにより、次式により求める。

【0088】

$$VTEOFS = VTCNOWE + VTCL E + VTHOSE \cdots (16)$$

ここで、ステップ47のバルブクリアランス量VCL Eの算出について、図10の排気バルブクリアランス量VCL E算出の制御構成図と、図25のバルブクリアランス量VCL E算出フローとを用いて説明する。

【0089】

図10のバルブクリアランス量算出手段は、エアフロメータ9の信号に基づき算出される吸入新気量MACYLに応じた燃料噴射量から、バルブ温度VTMP Eを算出するバルブ温度算出手段の算出値に基づいて、バルブクリアランス量V

CLEを算出する。ここで、バルブ温度算出手段は、直接温度を計測するセンサによる入力であってもよい。

【0090】

図25のステップ51では、燃料噴射量に応じて、排気バルブ温度VTMPEを図35に示すテーブルから求める。なお本フローでは、吸気バルブ5と排気バルブ6とについて各々独立して算出しているが、処理は同じものであるため、排気バルブ6について説明する。

【0091】

図35は、定常状態におけるバルブ温度算出テーブルであり、横軸は燃料噴射量、縦軸はエンジン負荷を代表する排気バルブ温度VTMPEを示している。図35（イ）は排気バルブ6、（ロ）は吸気バルブ5について示し、燃料噴射量が多くなれば、バルブ温度VTMPEも高くなることを示している。なお、最終的な燃料噴射量TIは、エアフロメータ9により検出される実際の吸入新気量（質量）MACYLに基づき、ストイキ相当の基本燃料噴射量 $TP = K \times MACYL / NRPM$ （Kは定数）を定め、これを次式のように、目標空燃比に対応する目標燃焼当量比TFBYAより補正し、または空燃比フィードバック補正係数LAMBDにより補正して算出する。

【0092】

$$TI = TP \times TFBYA \times LAMBD \cdots (17)$$

図25のステップ52では、次式により、排気バルブ温度VTMPEに応じて、暫定バルブクリアランス量VCLEtmpを算出する。

【0093】

$$VCLEtmp = -KVTMPE \times (VTMPE - 90) + VCLSTDE \cdots (18)$$

ここで、 $-KVTMPE$ は、排気バルブ6の材質及び長さにより相対的に決まる係数であり、主としてバルブ6の軸方向の膨張が大きい場合を考慮し、その他（例えばシリンダヘッド等）の膨張は考慮しないようにして決められる。VCLSTDEは、基準温度（ここでは90℃）における基準バルブクリアランス量である。なおバルブ温度VTMPEが上昇すれば、クリアランス量VCLEtmp

が小さくなる。

【0094】

ステップ53では、暫定バルブクリアランス量 $VCL E t m p$ が0以上であるか否かを判断する。 $VCL E t m p$ が0以上の場合には、ステップ55へ進む。一方、 $VTCLE t m p$ が0未満 ($VCL E t m p < 0$) の場合には、ステップ54へ進み、 $VCL E t m p = 0$ としてステップ55へ進む。これはバルブクリアランス量 $VCL E$ が負の値にはならないためである。

【0095】

ステップ55では、バルブクリアランス量 $VCL E$ を暫定バルブクリアランス量 $VCL E t m p$ に置き換える ($VCL E = VCL E t m p$)。

次に、図24のステップ49のバルブタイミング補正学習値 $VTHOSE$ の算出について、図11のバルブタイミング補正学習値算出の制御構成図と、図26のバルブタイミング補正学習値 $VTHOSE$ 算出フローとを用いて説明する。

【0096】

図11では、バルブタイミング基本変化量算出手段がクランク角センサ14及びカム角センサ17の信号からバルブタイミング基本変化量（排気カム捻り角度） $VTCNOWE$ を算出する。バルブ閉弁時期推定値算出手段が、バルブタイミング基本変化量 $VTCNOWE$ と、バルブタイミング変化量補正量算出手段の算出値 $VTCLE$ とに基づいて、バルブ閉弁時期推定値 $VCLTEE$ を算出する。一方、バルブ閉弁時期実際値算出手段がバルブ閉弁時期実際値判定手段と、クランク角センサ14及びノックセンサ25の信号からバルブ閉弁時期実際値 $VCLTRE$ を算出する。そして、バルブタイミング補正学習値算出手段がバルブ閉弁時期推定値 $VCLTEE$ 及びバルブ閉弁時期実際値 $VCLTRE$ に基づいてバルブタイミング補正学習値 $VTHOSE$ を算出する。

【0097】

図26のステップ56では、後述する図27のフローチャートに従って、バルブタイミング実際値算出許可フラグ $FVTHOSE$ を算出する。

ステップ57では、バルブタイミング実際値算出許可フラグ $FVTHOSE$ が1であるか否かを判断する。これにより、バルブ閉弁時期を検出できる状態で

るか否かを判断する。フラグFVTHOSE=1の場合には、ステップ58へ進む。一方、フラグFVTHOSE=0の場合には、リターンとなる。

【0098】

ステップ58では、排気バルブ6が着座するときに生じる振動を検知するノックセンサ25の信号と、クランク角センサ14の信号との相対関係により、実際のバルブ6の着座時期、すなわち閉弁時期実際値VCLTRE (degATDC) を算出する。

【0099】

ステップ59では、バルブ閉弁時期推定値VCLTEEを、バルブ閉弁時期VCLTSTDEと排気バルブタイミング変化量補正量VTCLEとを加算することで、次式により算出する。

【0100】

$$VCLTEE = VCLTSTDE + VTCLE \text{ (degATDC)} \cdots (19)$$

ここでVCLTSTDEは、基準バルブクリアランス量(温間時)において、バルブタイミング基本変化量が0のときのバルブ閉弁時期である。

【0101】

ステップ60では、暫定バルブタイミング補正量VTHOSEtmpを、バルブ閉弁時期の実際値VCLTREと推定値VCLTEEとの差(VCLTRE-VCLTEE)から算出する。

【0102】

ステップ61では、暫定バルブタイミング補正量VTHOSEtmpとバルブタイミング補正学習値VTHOSEとの誤差の絶対値が所定値SLVCL以上であるか否かを判断する。誤差の絶対値が所定値SLVCL以上である場合には、ステップ62へ進む。一方、所定値SLVCL以下である場合には、リターンとなる。

【0103】

ステップ62では、バルブタイミング補正学習値VTHOSEに暫定バルブタイミング補正量VTHOSEtmpを代入する(VTHOSE=VTHOSEtmp)

mp)。

【0104】

ここで、誤差が正側に大きくなれば、実際のバルブ閉時期はさらに遅れるため、この誤差分は、バルブタイミング変化量に加算すればよい。ただし、実際はこの誤差分は、主にシム摩耗・カム摩耗によりクリアランスが拡大し、実際の閉時期が早まるため、負の値を示し、バルブタイミング変化量を打ち消すような動きとなる。

【0105】

ここで、ステップ56のバルブタイミング実際値算出許可フラグFVTHOSEの算出について、図27のバルブタイミング実際値算出許可フラグFVTHOSE算出フローを用いて説明する。

【0106】

ステップ63でバルブタイミング基本変化量が0 ($VTCNOW=0$) と判断され、ステップ64で水温が所定水温VTHOSTW以上であると判断され、ステップ65で回転数が所定回転数VTHOSNE以下と判断され、ステップ66でスロットル開度が所定開度VTHOSTVO以下と判断されたとき、ステップ67において、バルブタイミング実際値算出許可フラグFVTHOSEを1にする ($FVTHOSE=1$)。これは、バルブタイミング実際値VCLTREを算出するのに適した運転状態であるかを推定するためである。

【0107】

一方、ステップ63～ステップ66までのいずれか1つでも成立しない場合には、ステップ68へ進み、バルブタイミング実際値算出許可フラグFVTHOSEを0にする ($FVTHOSE=0$)。これらの条件を満たさない場合には、バルブタイミング実際値VCLTREの算出に適した状態にないためである。

【0108】

次に、図17のステップ13のオーバーラップ中有効面積積算値ASUMOLの算出について、図12のオーバーラップ中有効面積算出の制御構成図と、図28のオーバーラップ中有効面積積算値算出フローとを用いて説明する。

【0109】

図12のオーバーラップ中有効面積積算値算出手段は、吸気バルブタイミング変化量算出手段と排気バルブタイミング変化量算出手段との各算出結果に基づいて、オーバーラップ中有効面積算出値 $ASUMOL$ を算出する。

【0110】

図28のステップ69では、後述する図29のフローチャートに従って、吸気バルブタイミング変化量 $VTIOFS$ を算出する。

ステップ70では、前述の図24のフローチャートに従って、排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ を算出する。

【0111】

ステップ71では、オーバーラップ中有効面積積算値 $ASUMOL$ が、吸気バルブタイミング変化量 $VTIOFS$ と排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ とに応じて、図36に示すオーバーラップ中有効面積積算値 $ASUMOL$ マップから求められる。

【0112】

図36は、オーバーラップ中の有効面積についての特性図であり、横軸は吸気バルブタイミング変化量 $VTIOFS$ 、縦軸は排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ を示している。吸気バルブタイミング変化量 $VTIOFS$ 、排気バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ が大きくなると、オーバーラップ変化量が大きくなり、有効面積積算値 $ASUMOL$ が大きくなる。

【0113】

ここで、図37は、オーバーラップ中の有効面積積算値 $ASUMOL$ の説明図であり、横軸はクランク角度、縦軸は吸気バルブ5と排気バルブ6との開口面積を示している。そして、オーバーラップ中の或る時点における有効な開口面積は、排気バルブ開口面積と吸気バルブ開口面積とのうち小さい方とする。すなわち、オーバーラップ中の全期間における有効面積積算値 $ASUMOL$ は、吸気バルブ5及び排気バルブ6が開いている期間の積分値（図中の斜線部）となる。このようにして、オーバーラップ中有効面積積算値 $ASUMOL$ を算出することで、吸気バルブ5と排気バルブ6とのオーバーラップ量を1つのオリフィス（流出孔）と疑似でき、排気系の状態と吸気形の状態とからこのオリフィスを通過する流

量を簡略的に算出できる。

【0114】

次に、図28のステップ69の吸気バルブタイミング変化量VTIOFSの算出について、図13の吸気バルブタイミング変化量VTIOFS算出の制御構成図と、図29の吸気バルブタイミング変化量VTIOFS算出フローとを用いて説明する。なお、吸気バルブ5は、オーバーラップ量が大きくなるよう、すなわち開弁時期が早くなる場合について説明している。

【0115】

図13では、吸気バルブタイミング基本変化量算出手段がクランク角センサ14及び吸気側カム角センサ16の信号から吸気バルブタイミング基本変化量（吸気カム捻り角度）VTCNOWを算出する。バルブタイミング変化量補正量算出手段がバルブクリアランス量算出手段の算出値VCLIに基づいて、バルブタイミング変化量補正量VTCLIを算出する。そして、吸気バルブタイミング変化量算出手段が吸気バルブタイミング基本変化量VTCNOW、バルブタイミング変化量補正量VTCLI、及びバルブタイミング補正学習値算出手段の算出値VTHOSIに基づいて、吸気バルブタイミング変化量VTEOFSを算出する。

【0116】

図29のステップ72では、クランク角センサ14及び吸気側カム角センサ16の信号に基づいて、吸気バルブタイミング基本変化量（吸気カム捻り角度）VTCNOWを算出する。

【0117】

ステップ73では、前述の図25のフローチャートに従って、バルブ温度VTMPIから吸気バルブクリアランス量VCLIを算出する。ここで、ステップ52で算出される暫定バルブクリアランス量VCLItmpは、吸気バルブ温度VTMPIに応じて暫定バルブクリアランス量VCLItmpを次式により算出する。

【0118】

$$VCLItmp = -KV TMP I \times (V TMP I - 90) + VCLSTDI \dots (20)$$

ここで、 $-KV TMP I$ は、吸気バルブ5の材質及び長さにより相対的に決まる係数であり、主としてバルブ5の軸方向の膨張が大きい場合を考慮し、その他（例えばシリンダヘッド等）の膨張は考慮しないようにして決められる。 $VCL STD I$ は、基準バルブクリアランス量（温間時（約90℃）におけるクリアランス量）である。

【0119】

ステップ74では、吸気バルブクリアランス量 $VCL I$ に応じて、前述の図34（ロ）に示すテーブルから吸気バルブタイミング変化量補正量 $VTCL I$ を求める。

【0120】

図34（ロ）は、吸気バルブタイミング変化量補正量 $VTCL I$ 算出テーブルであり、横軸は吸気バルブクリアランス量 $VCL I$ 、縦軸は基準クリアランス量でのバルブタイミングに対する吸気バルブタイミング変化量補正量 $VTCL I$ を示している。これによると、吸気バルブ5のクリアランス量 $VCL I$ が小さくなれば開弁時期が $VTCL I$ 分早くなるので、オーバーラップ増大側へのバルブタイミング変化量を増大補正する必要があることを示している。

【0121】

ステップ75では、前述の図26のフローチャートに従って、吸気バルブタイミング補正学習値 $VTHOS I$ を算出する。ここで、図26のステップ58では、吸気バルブ5がバルブシートから離れるとき、すなわち吸気バルブ5のリフターがカムと衝突するときの振動を検知するノックセンサ25の信号と、クランク角センサ14の信号との相対関係によりバルブリフト時期、すなわち開弁時期実際値 $VCLTRI (deg BTDC)$ を算出する。

【0122】

ステップ59では、次式によりバルブ開弁時期推定値 $VCLTE I$ を算出する。

$$VCLTE I = VCLTSTD I + VTCL I (deg BTDC) \cdots (21)$$

ここで、バルブ開弁時時期推定値 $VCLTSTD I$ は、基準バルブクリアラン

ス量（温間時）における吸気バルブタイミング基本変化量（吸気カム捻り角度）が0のときのバルブ開弁時期である。

【0123】

ステップ60にて暫定バルブタイミング補正量 $V_{THOSI\ tmp}$ を $V_{CLTRI} - V_{CLTEI}$ に応じて算出しているが、この誤差分は、主にシム摩耗・カム摩耗によりクリアランス量が拡大し、実際の開弁時期が遅くなるため、負の値を示す。このとき、開弁時期は遅れるため、バルブタイミング変化量を打ち消すような動きとなる。

【0124】

ステップ76では、吸気バルブタイミング変化量 V_{TIOFS} を、吸気バルブタイミング基本変化量（吸気カム捻り角度） V_{TCNOW} 、吸気バルブ5のバルブ温度 $V_{TMP I}$ によるバルブクリアランス量 V_{CLI} の変化に基づく吸気バルブタイミング変化量補正量 V_{TCLI} 、カム摩耗・シム摩耗によるバルブクリアランス量 V_{CLI} の変化の学習値に基づく吸気バルブタイミング補正学習値 V_{THOSI} を加算することで、次式により算出する。

【0125】

$$V_{TIOFS} = V_{TCNOW} + V_{TCLI} + V_{THOSI} \cdots (22)$$

ここで、図38は、排気バルブタイミング変化量の正負方向の定義を示す図であり、図39は、吸気バルブタイミング変化量の正負方向の定義を示す図である。

【0126】

図38では、排気バルブタイミング変化量は、進角側（時計回り）を正方向としている。また図39では、吸気バルブタイミング変化量は、遅角側（反時計回り）を正方向としている。吸気バルブ5及び排気バルブ5のいずれもオーバーラップ量を拡大する方向である。

【0127】

本実施形態によれば、排気バルブ6及び吸気バルブ5の開閉タイミングを変化させるバルブタイミング可変機構（可変動弁ソレノイド）22、23と、バルブタイミング可変機構22、23の開閉タイミング変化量 V_{TEOFS} 、 V_{TIO}

FSに基づいてバルブタイミングを算出する手段と、バルブタイミング算出手段により算出される排気バルブ閉弁時の筒内温度TEVCを算出する手段（ステップ10）と、バルブタイミング算出手段により算出される排気バルブ閉弁時の筒内圧力PEVCを算出する手段（ステップ11）と、燃焼空燃比に応じた排気ガス組成のガス定数REXを算出する手段（ステップ9）と、少なくとも筒内温度TEVC、筒内圧力PEVC、ガス定数REXに基づいて、排気バルブ閉弁時の筒内ガス量MRESCYLを算出する手段（ステップ5, 12）と、バルブタイミング算出手段の算出結果に基づく排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の吹き返しガス量MRESOLを算出する手段と（ステップ6, 24）、筒内ガス量MRESCYLと吹き返しガス量MRESOLとに基づいて内部EGR量MRESを算出する手段（ステップ7）と、を含んで構成され、バルブタイミング算出手段は、バルブクリアランス量VCLEを推定する手段（ステップ47）と、バルブクリアランス量VCLEによりバルブタイミングを補正する手段（ステップ48、49）とを含んで構成される。このため、バルブクリアランス量VCLEを推定し、これに基づいてバルブタイミングを補正するため、バルブクリアランス量VCLEの変化によって生じる内部EGR量MRESの推定誤差を抑制することができる。そして、内部EGR量MRESに基づいて、点火時期、燃料噴射量などを適切に設定することで、運転性の向上や燃費・排気の改善が図れる。さらに、燃焼終了後のシリンダ内部の状態量（温度TEVC・圧力PEVC・ガス定数REX）に基づき、物理式（3式）から内部EGR量MRESを算出できる。そして、温度・圧力変化による密度変化や、燃焼空燃比変化に伴うガス定数の変化による密度変化等に対応でき、運転条件に関わらず精度良く内部EGR量MRESを推定できる。特に、過渡運転状態においては、シリンダ内部の状態量が刻々と変化するため、その変化していく状態量に基づいて内部EGR量MRESを算出できるので、過渡運転時の内部EGR量MRESの推定精度を向上できる。さらに、多次元パラメータを含む制御構築であっても、各パラメータに応じ、物理式に基づいて内部EGR量MRESを算出し、この値MRESに基づいて、各制御値を決定するため、容易に構築できる。

【0128】

また本実施形態によれば、排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出手段（ステップ5，12）は、排気バルブ閉弁時の筒内容積 $VEVC$ を算出する手段（ステップ8，45）と、排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段（ステップ10）と、排気バルブ閉弁時筒内圧力算出手段（ステップ11）と、ガス定数算出手段（ステップ9）と、を含んで構成され、これらの算出値に基づいて、物理式（3式）により排気バルブ閉弁時の筒内ガス量 $MRESCYL$ を算出する（ステップ12）。このため、さらに排気バルブ閉弁時の筒内容積 $VEVC$ を考慮して、シリンダ内部の状態量（容積 $VEVC$ ・温度 $TEVC$ ・圧力 $PEVC$ ・ガス定数 REX ）に基づき、物理式から内部 EGR 量 $MRES$ を精度良く推定できる。そして、多次元パラメータを含む制御構築であっても、各パラメータに応じ、物理式に基づいて内部 EGR 量 $MRES$ を算出するため、容易に構築でき、適合が容易となる。

【0129】

また本実施形態によれば、排気バルブ閉弁時筒内容積算出手段（ステップ8）は、排気バルブ閉弁時のピストン位置から幾何学的に決まる筒内容積値 $VEVC$ を求める。このため、排気バルブ閉弁時の筒内容積 $VEVC$ を適切に算出して、より正確な内部 EGR 量 $MRES$ を求めることができる。そして、排気バルブ閉弁時に筒内容積 $VEVC$ が変化する機構（可変バルブ開閉タイミング、可変圧縮比）を有するエンジンであっても、容易に筒内容積 $VEVC$ を求められ、より正確な内部 EGR 量 $MRES$ を算出できる。そして、各値は幾何学的に決まるので、容易に算出でき、実機運転による適合させる必要が無くなり、開発が効率的に行える。

【0130】

また本実施形態によれば、ガス定数算出手段（ステップ9）は、目標燃焼当量比 $TFBYA$ に応じ、排気ガス組成の変化に対応するガス定数 REX を求める。このため、目標燃焼当量比 $TFBYA$ に応じた排気ガス組成変化に伴う密度変化がある場合、すなわち、リーン運転、始動後など運転状態が切り替わった後における目標燃焼当量比 $TFBYA$ の増減がある場合にも、内部 EGR 量 $MRES$ を精度良く推定できる。そして、ガス定数 REX は、燃料組成と空気組成とによる化学反応式から算出でき、実機運転による適合させる必要が無くなり、開発が効

率的に行える。

【0131】

また本実施形態によれば、オーバーラップ中吹き返しガス量算出手段（ステップ6, 24）は、排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段（ステップ10）と、排気バルブ閉弁時筒内圧力算出手段（ステップ11）と、ガス定数算出手段（ステップ9）と、吸気圧力 P_{IN} を算出する手段（ステップ25）と、排気ガス組成変化に対応した比熱比 $SHEATR$ を算出する手段（ステップ15, 29）と、排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の有効面積積算値 $ASUMOL$ を算出する手段（ステップ13）と、機関回転数 $NRPM$ を算出する手段（ステップ14）と、過給 $TBCRG$ 及びチョーク $CHOKE$ の有無を判定する手段（ステップ17, 18, 20）と、を含んで構成され、これらの算出値に基づいて、オーバーラップ中の吹き返しガス量 $MRESOL$ を算出する。このため、オーバーラップ中の状態量（回転数 $NRPM$ 、排気ガス比熱比 $SHEATR$ 、過給 $TBCRG$ 、チョーク $CHOKE$ ）に応じて、吹き返しガス量 $MRESOL$ を精度良く算出できる。そして、状態量の変化による密度変化やオリフィス通過体積流量変化に対応でき、あらゆる運転状態において精度良くオーバーラップ中吹き返しガス量 $MRESOL$ を算出できる。

【0132】

また本実施形態によれば、バルブクリアランス量推定手段（ステップ47）は、バルブ温度 $VTMPE$ 、 $VTMPI$ を算出する手段（ステップ51）を含んで構成され、そのバルブ温度 $VTMPE$ 、 $VTMPI$ に応じてバルブクリアランス量 $VCLE$ 、 $VCLI$ を推定する（ステップ52～ステップ55）。このため、バルブクリアランス量 $VCLE$ 、 $VCLI$ への影響が最も大きい温度因子に基づいて算出するため、エンジンの冷間時から出力が大きい状態になるような温度変化量が大きくなる場合においても、バルブクリアランス量 $VCLE$ 、 $VCLI$ を適切に推定することができ、バルブタイミング誤差による内部 EGR 量推定誤差を抑制することができる。

【0133】

また本実施形態によれば、バルブ温度算出手段（ステップ51）は、エンジン

負荷算出手段を含んで構成され、そのエンジン負荷に応じてバルブ温度 $VTMP_E$ 、 $VTMP_I$ を推定する。このため、特別に温度センサを設けることなくバルブ温度 $VTMP_E$ 、 $VTMP_I$ を推定でき、コスト削減が図れる。

【0134】

また本実施形態によれば、バルブクリアランス量推定手段（ステップ47）及びバルブタイミング補正手段（ステップ48、49）は、吸気バルブ5及び排気バルブ6の各々について独立して設けられる。このため、吸気バルブ5と排気バルブ6との温度範囲が異なること及びバルブ5、6の材質が異なることが原因で、バルブクリアランス量 VCL_E 、 VCL_I がそれぞれ異なる場合であっても、バルブタイミング変化量 $VTEOFS$ 、 $VTIOFS$ を算出し、内部EGR量 $MRES$ を精度良く推定できる。そして、吸気・排気カムプロフィールの設計により、バルブタイミングが異なる場合であっても、バルブクリアランス量 VCL_E 、 VCL_I に応じたバルブタイミング補正量 $VTHOSE$ 、 $VTHOSI$ を考慮したバルブタイミングが算出でき、精度良く内部EGR量の推定ができる。

【0135】

また本実施形態によれば、バルブタイミング補正手段（ステップ49）は、所定条件下（ステップ63～ステップ66）でバルブ5、6の動作振動に基づいて実バルブタイミング $VCLTRE$ 、 $VCLTRI$ を検出する手段（ステップ58）と、所定条件下（ステップ63～ステップ66）でのバルブクリアランス量 VCL_E 、 VCL_I による補正後のバルブタイミングを推定する手段（ステップ59）と、実バルブタイミング $VCLTRE$ 、 $VCLTRI$ と推定バルブタイミング $VCLTEE$ 、 $VCLTEI$ との誤差 $VTHOSE_{tmp}$ 、 $VTHOSI_{tmp}$ を算出する手段（ステップ60）と、誤差 $VTHOSE_{tmp}$ 、 $VTHOSI_{tmp}$ に基づいてバルブタイミング補正学習値 $VTHOSE$ 、 $VTHOSI$ を算出する手段（ステップ50）とを備え、バルブタイミングを更に前記バルブタイミング補正学習値 $VTHOSE$ 、 $VTHOSI$ により補正する。このため、バルブ5、6の振動を精度良く検出できる領域（着座ノイズが精度良く検出できる低回転域、ノックが発生しない低負荷域、バルブタイミング誤差が生じにくいバルブタイミング基本変化量が0且つ暖機後の領域）で実バルブタイミング（バルブ

閉時期実際値) $VCLTRE$ 、 $VCLTRI$ を検出できる。そして、バルブ振動の検出値に基づく実バルブタイミング $VCLTRE$ 、 $VCLTRI$ と、推定バルブタイミング(バルブ閉時期推定値) $VCLTEE$ 、 $VCLTEI$ との誤差分は、摩耗によるものであり、この摩耗分は、全運転領域においてバルブタイミングに一律に影響を与えるものであるため、この誤差分を事前に補正することで経時劣化による誤差を防止できる。

【0136】

また本実施形態によれば、実バルブタイミング算出手段(ステップ58)のバルブの動作振動は、ノックセンサ25により検出する。このため、既存のノックセンサ25の入力により実バルブタイミングの動作振動を検出でき、コスト削減が図れる。

【0137】

なお、本実施形態では、吸気バルブ5と排気バルブ6との双方にバルブタイミング可変機構を設けるものとしたが、これに限定されず、吸気バルブ5と排気バルブ6とのいずれかのリフト特性が可変であり、以ってバルブオーバーラップ量が可変となるものに適用することができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 内部EGR量推定装置のシステム構成図
- 【図2】 内部EGR率算出手段の制御構成図
- 【図3】 内部EGR量算出手段の制御構成図
- 【図4】 排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出手段の制御構成図
- 【図5】 オーバーラップ中吹き返しガス量算出の制御構成図
- 【図6】 排気ガス比熱比算出手段の制御構成図
- 【図7】 過給・チョーク判定手段の制御構成図
- 【図8】 排気バルブ閉弁時筒内容積算出の制御構成図
- 【図9】 排気バルブタイミング変化量の算出の制御構成図
- 【図10】 排気バルブクリアランス量算出の制御構成図
- 【図11】 バルブタイミング補正学習値算出の制御構成図
- 【図12】 オーバーラップ中有効面積算出の制御構成図

- 【図 13】 吸気バルブタイミング変化量算出の制御構成図
- 【図 14】 内部 EGR 率算出フロー
- 【図 15】 内部 EGR 量算出フロー
- 【図 16】 排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出フロー
- 【図 17】 オーバーラップ中吹き返しガス量算出フロー
- 【図 18】 過給判定・チョーク判定フロー
- 【図 19】 過給無し・チョーク無し時の吹き返しガス流量算出フロー
- 【図 20】 過給無し・チョーク有り時の吹き返しガス流量算出フロー
- 【図 21】 過給有り・チョーク無し時の吹き返しガス流量算出フロー
- 【図 22】 過給有り・チョーク有り時の吹き返しガス流量算出フロー
- 【図 23】 排気バルブ閉弁時筒内容積算出フロー
- 【図 24】 排気バルブタイミング変化量算出フロー
- 【図 25】 バルブクリアランス量算出フロー
- 【図 26】 バルブタイミング補正学習値算出フロー
- 【図 27】 バルブタイミング実際値算出許可フラグ算出フロー
- 【図 28】 オーバーラップ中有効面積積算値算出フロー
- 【図 29】 吸気バルブタイミング変化量算出フロー
- 【図 30】 排気ガスガス定数算出テーブル
- 【図 31】 排気ガス比熱比算出マップ
- 【図 32】 混合気比熱比算出テーブル
- 【図 33】 排気バルブ閉弁時筒内容積算出テーブル
- 【図 34】 排気・吸気バルブタイミング変化量補正量算出テーブル
- 【図 35】 排気・吸気バルブ温度算出テーブル
- 【図 36】 オーバーラップ中有効面積特性図
- 【図 37】 オーバーラップ中の有効面積積算値の説明図
- 【図 38】 排気バルブタイミング変化量の正負方向の定義を示す図
- 【図 39】 吸気バルブタイミング変化量の正負方向の定義を示す図
- 【符号の説明】

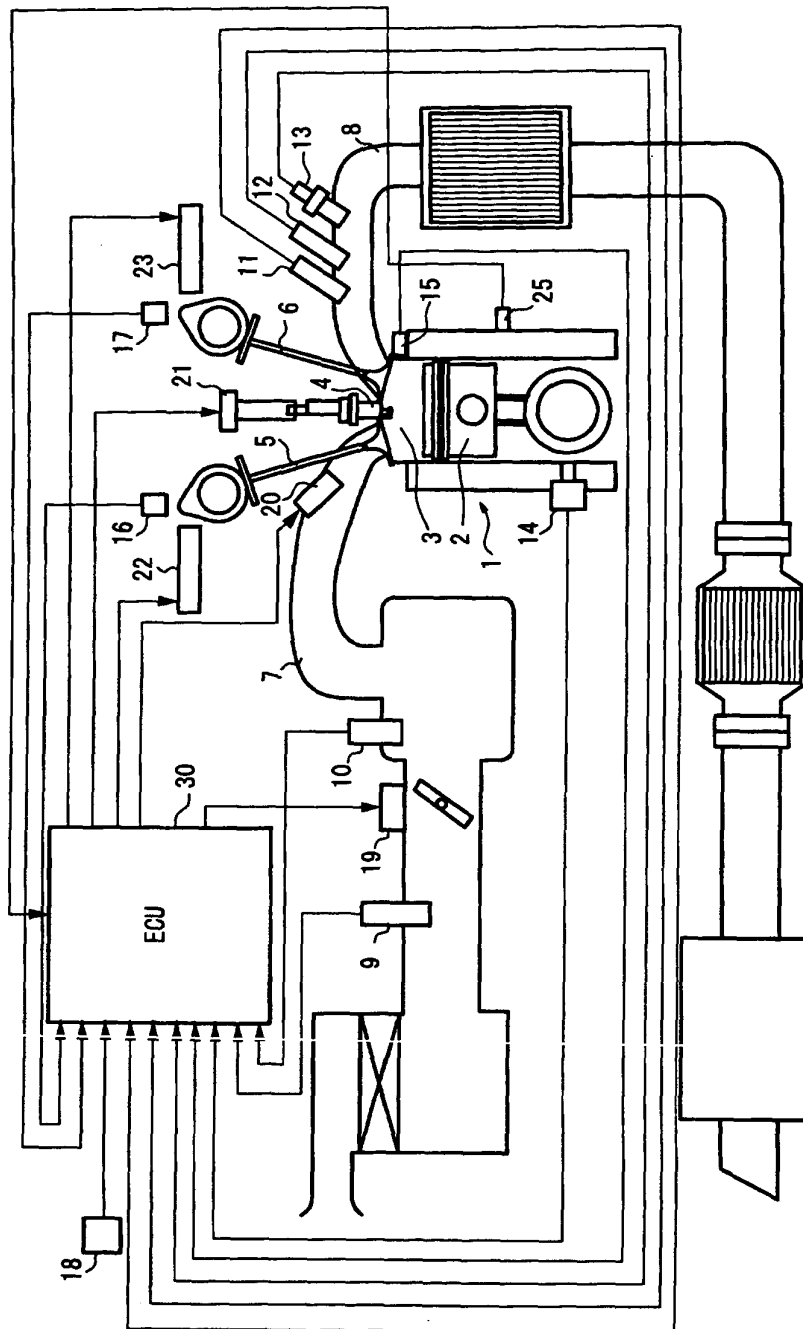
1 エンジン

- 5 吸気バルブ
- 6 排気バルブ
- 9 エアフロメータ
- 1 0 吸気圧力センサ
- 1 1 排気圧力センサ
- 1 2 排気温度センサ
- 1 3 O₂センサ
- 1 4 クランク角センサ
- 1 5 水温センサ
- 1 6 吸気側カム角センサ
- 1 7 排気側カム角センサ
- 1 8 アクセル開度センサ
- 2 5 ノックセンサ
- 3 0 ECU

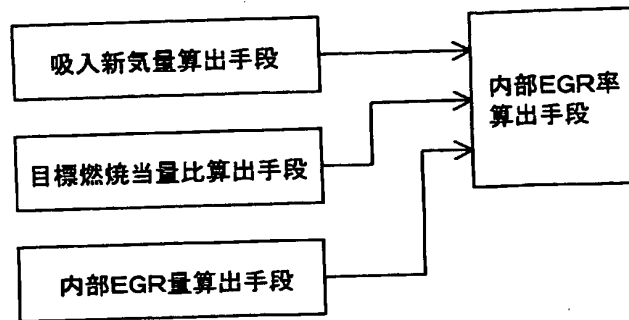
【書類名】

図面

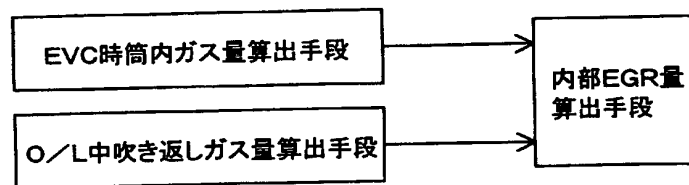
【図 1】



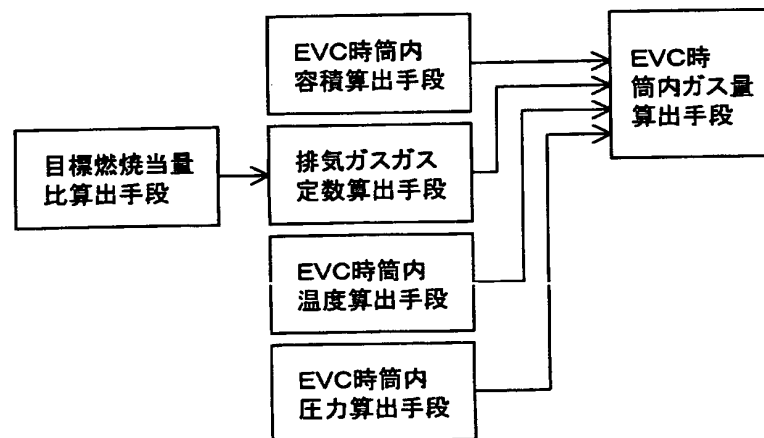
【図2】



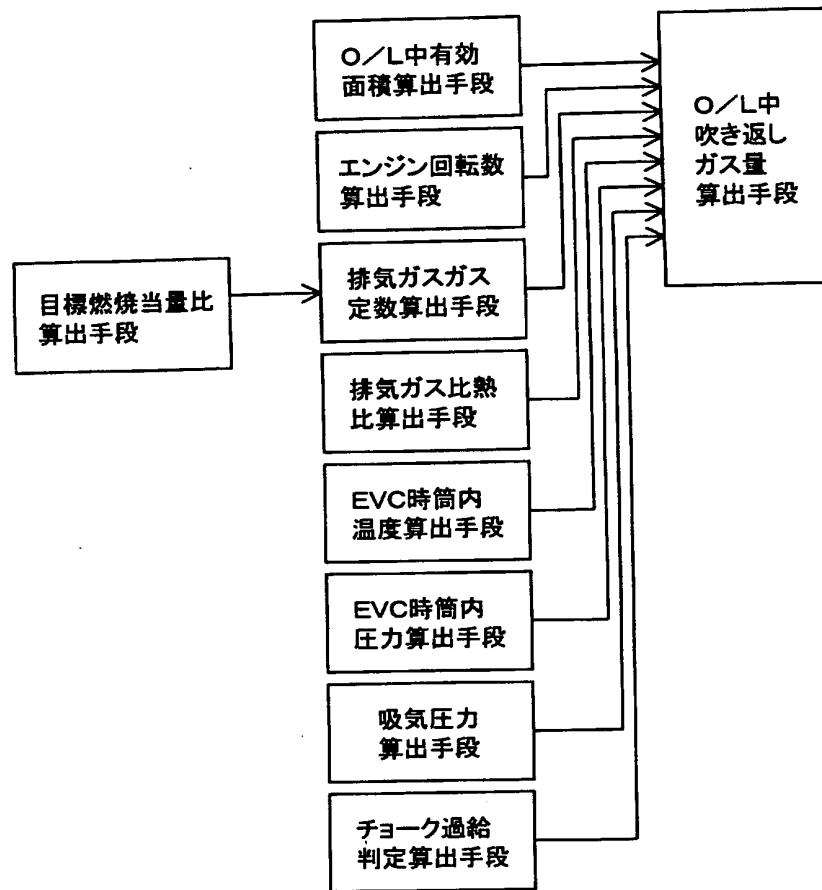
【図3】



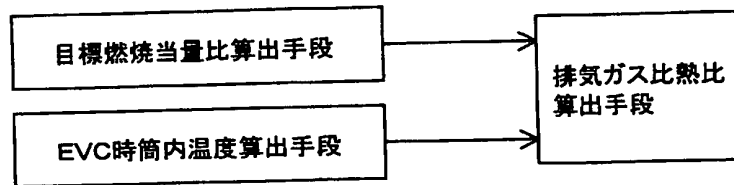
【図4】



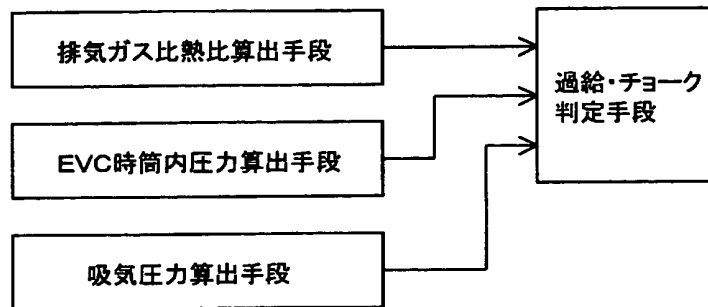
【図 5】



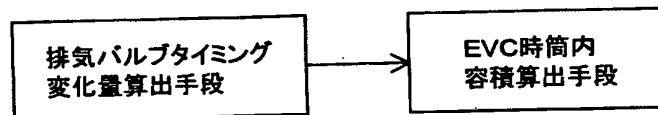
【図 6】



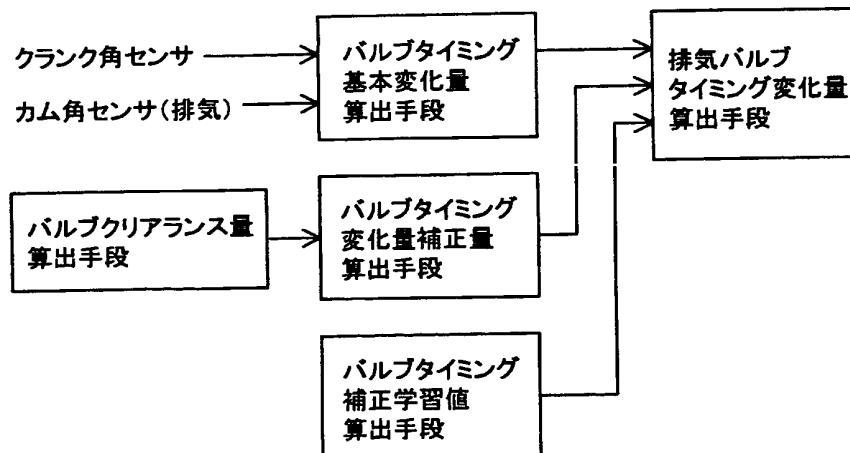
【図 7】



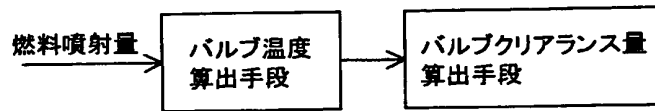
【図 8】



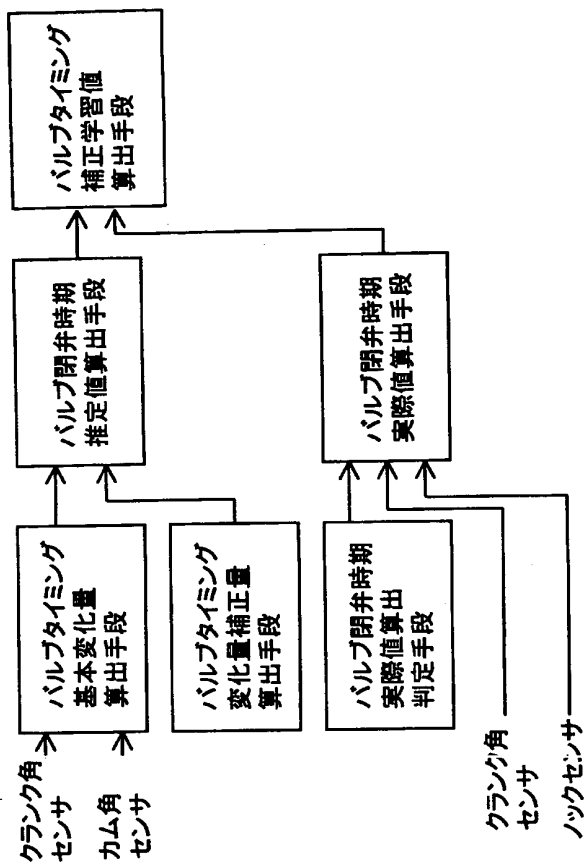
【図 9】



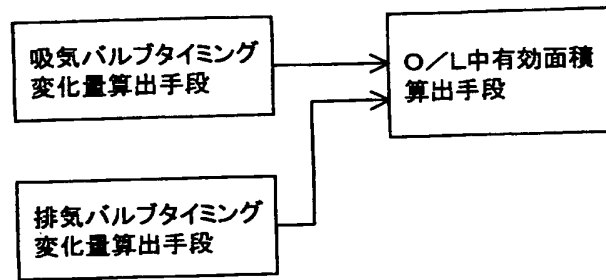
【図 10】



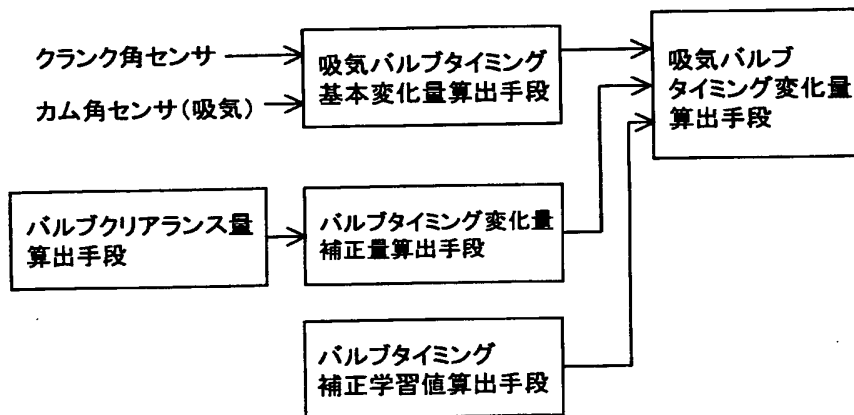
【図 11】



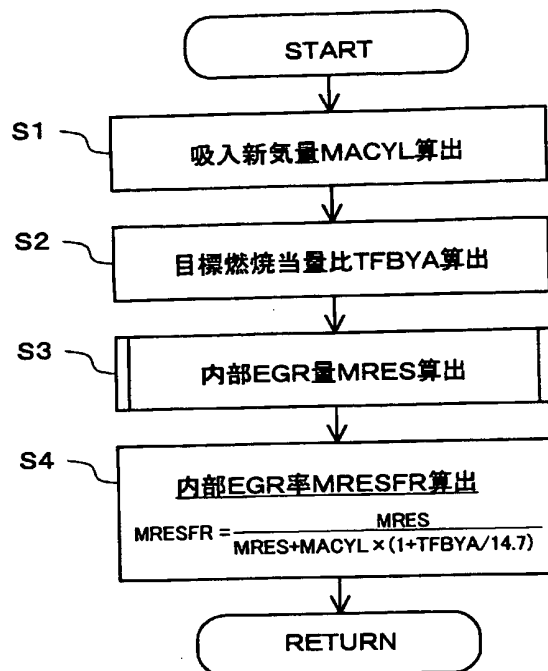
【図 1 2】



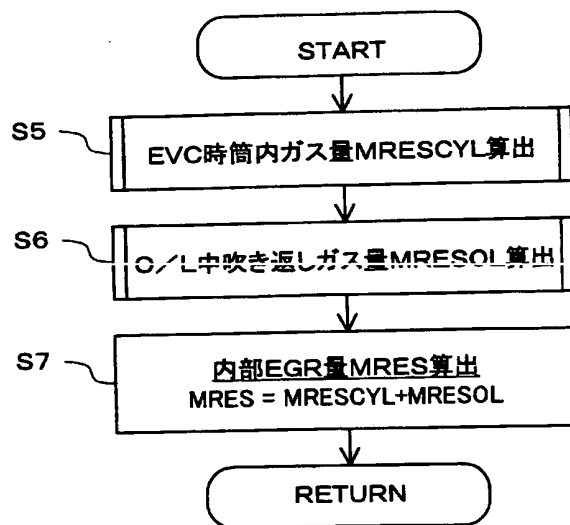
【図 1 3】



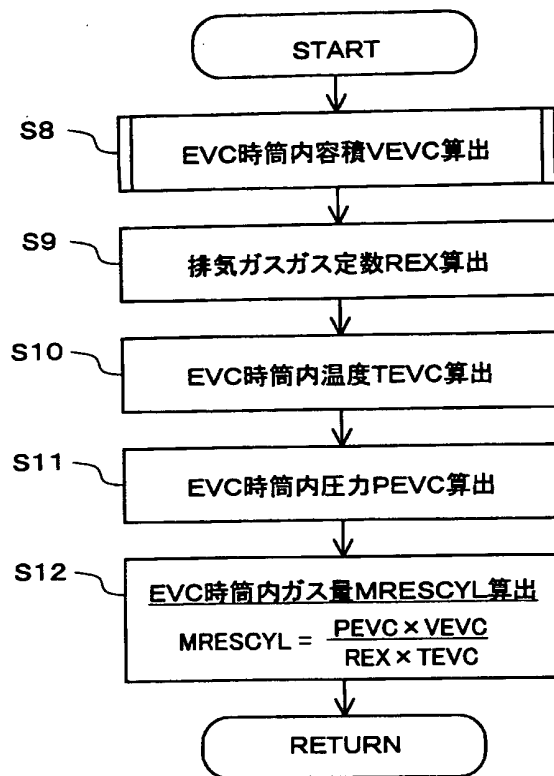
【図14】



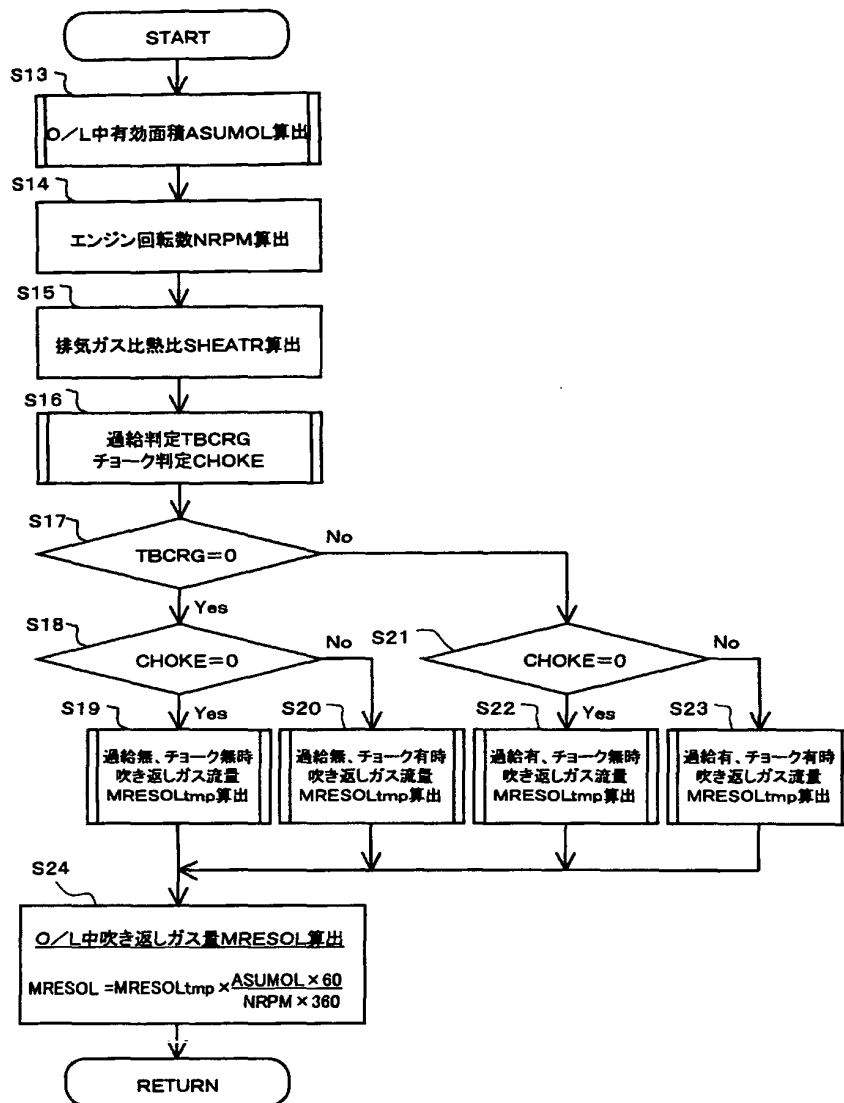
【図15】



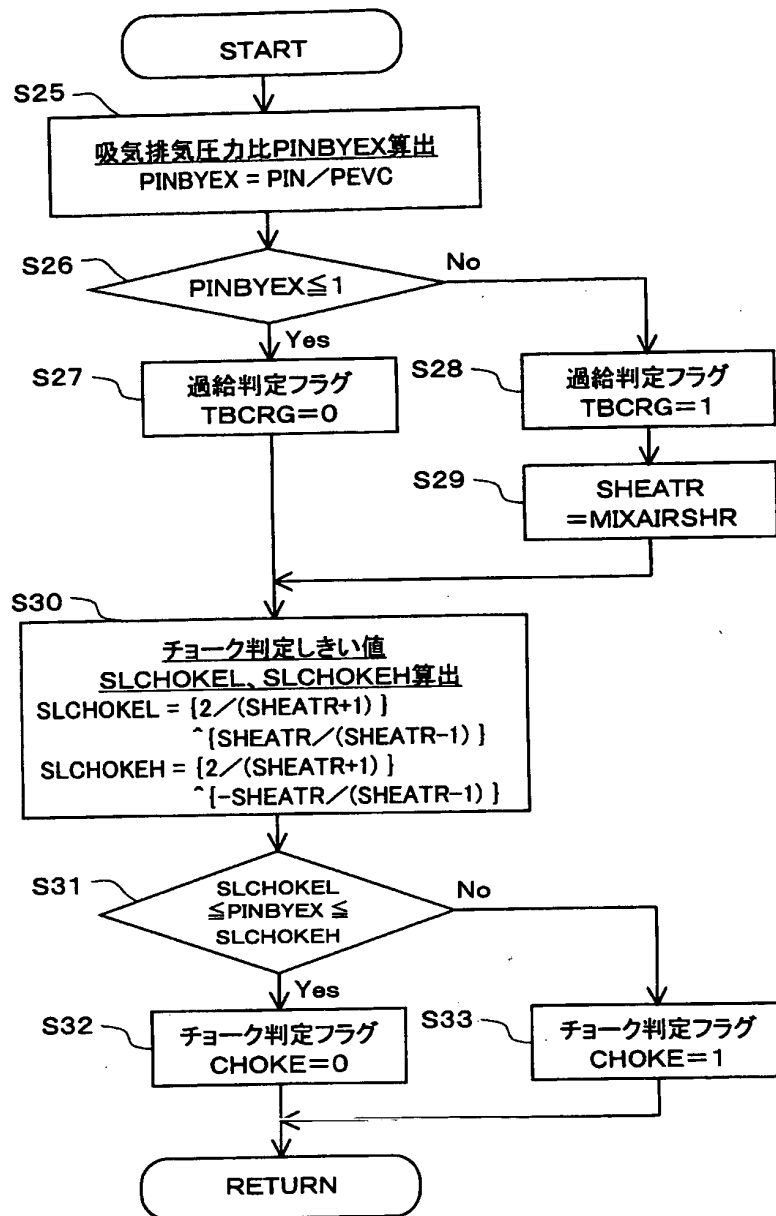
【図 1 6】



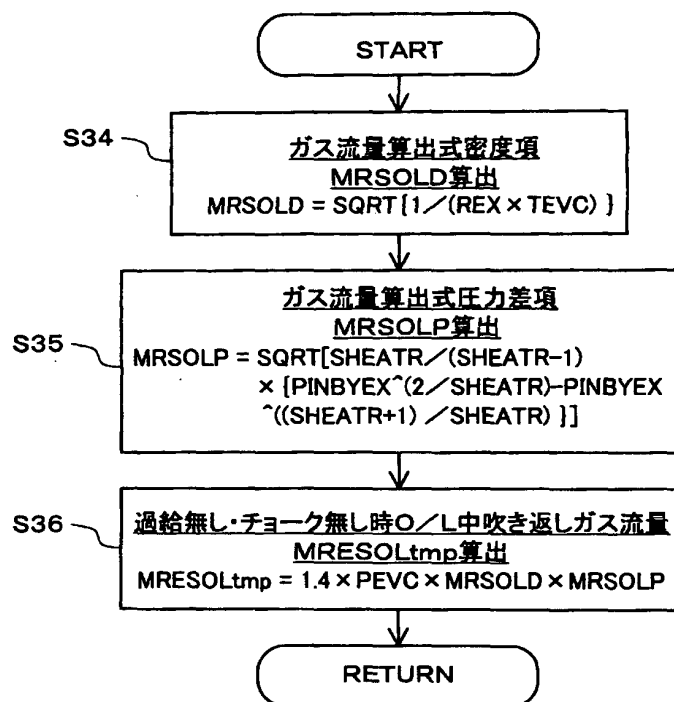
【図 17】



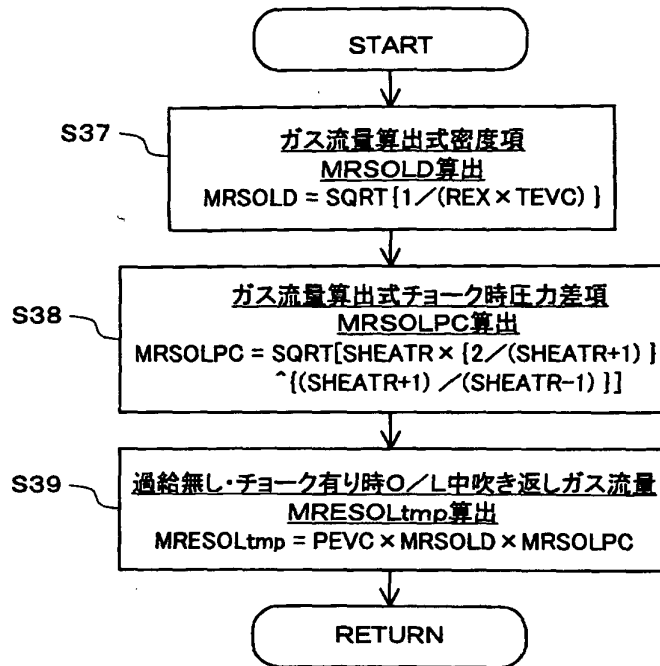
【図18】



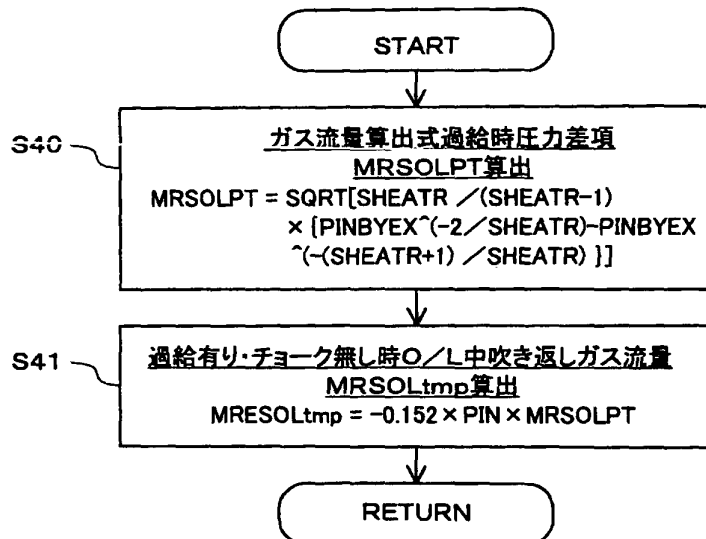
【図 19】



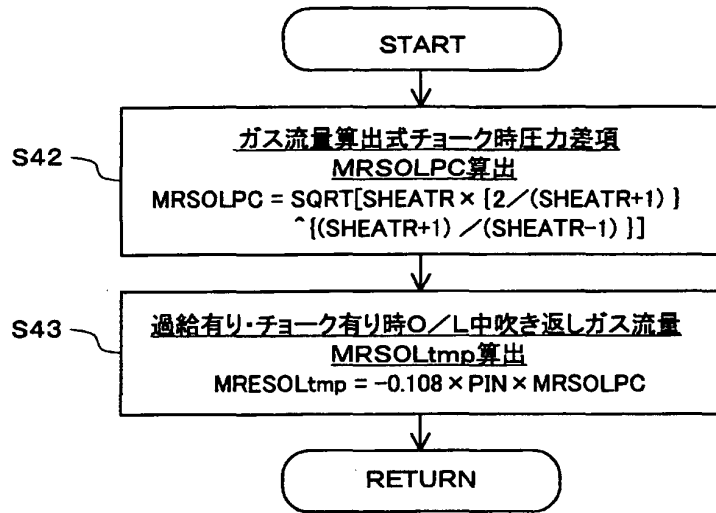
【図 20】



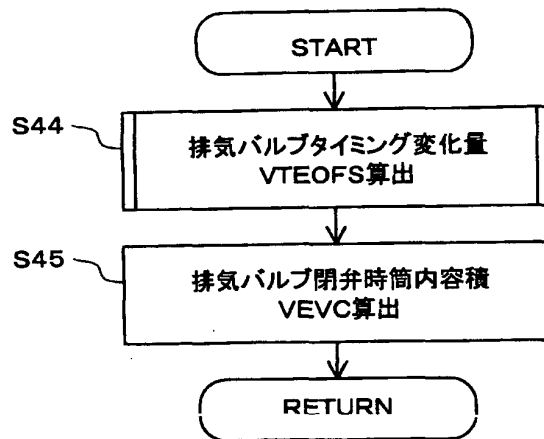
【図 21】



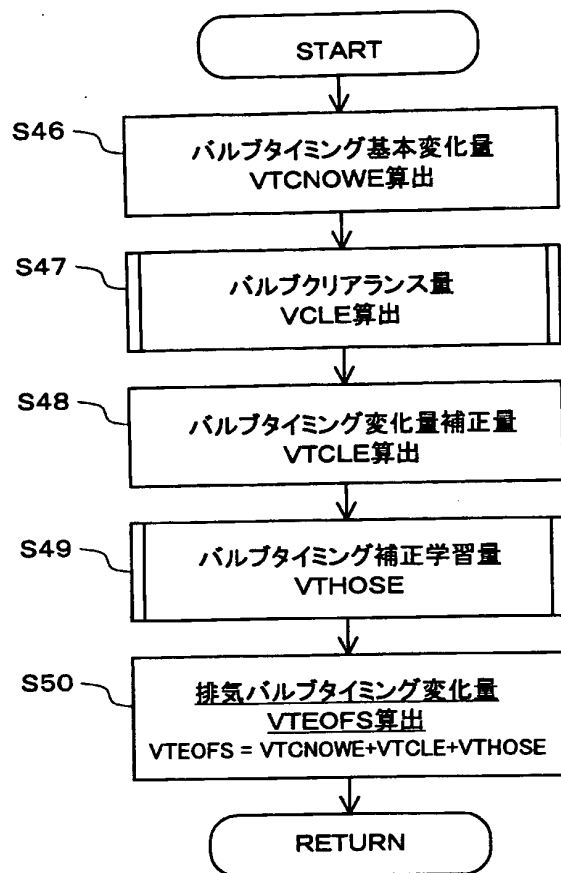
【図 22】



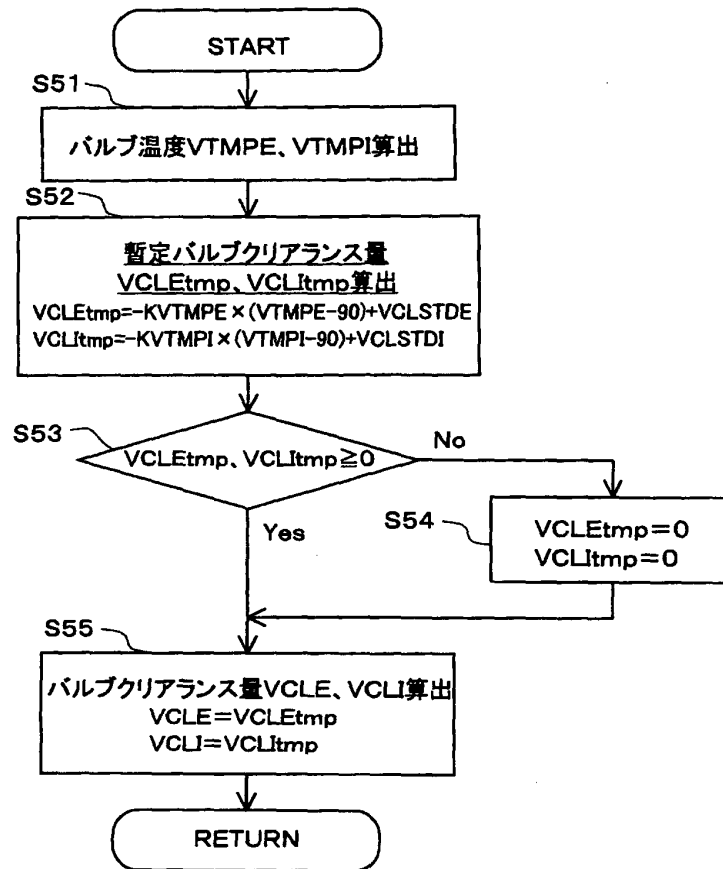
【図 23】



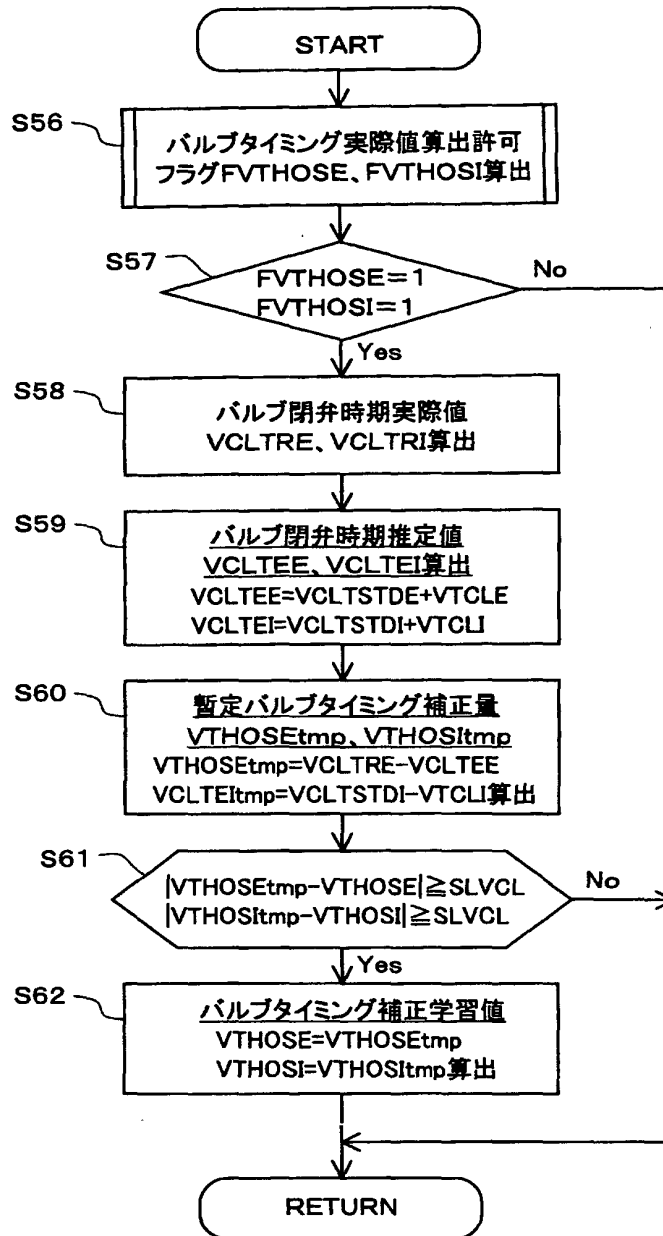
【図 24】



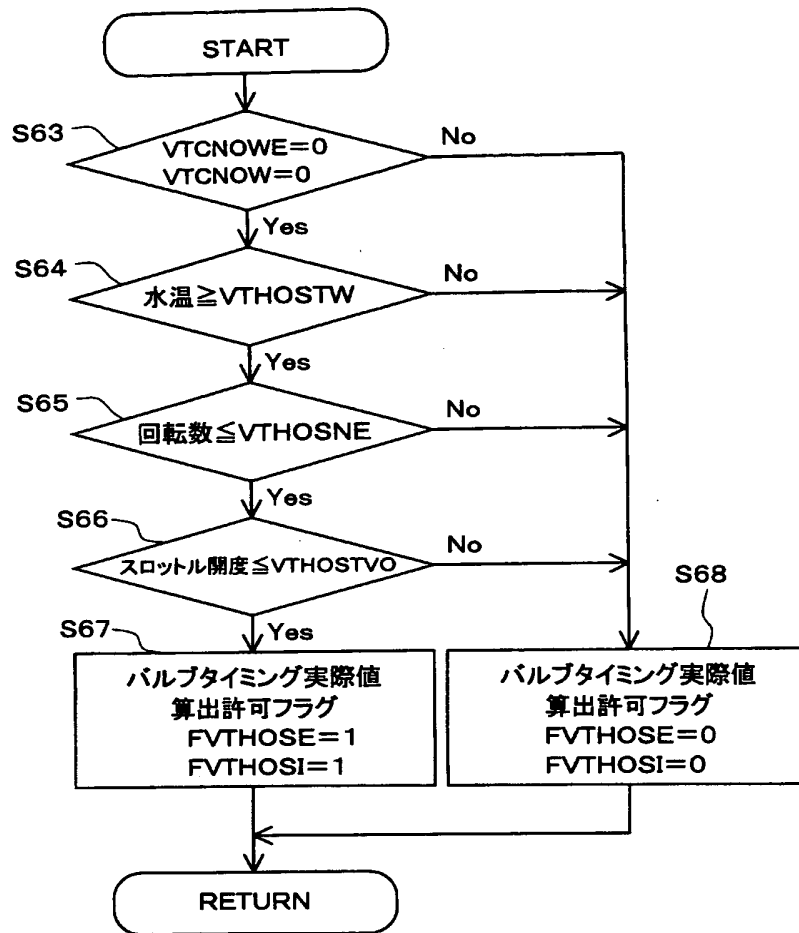
【図25】



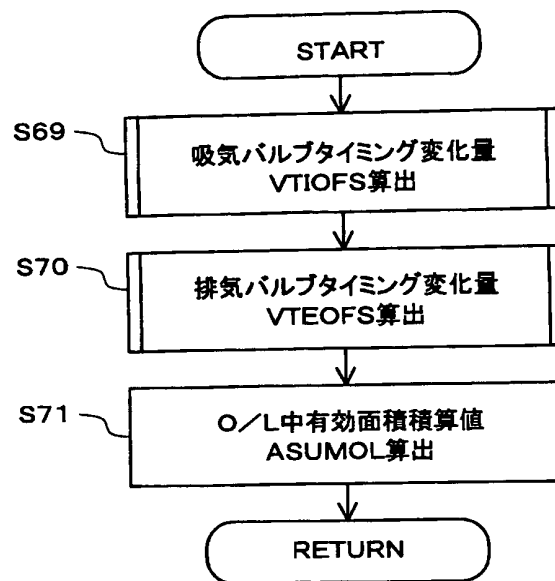
【図 26】



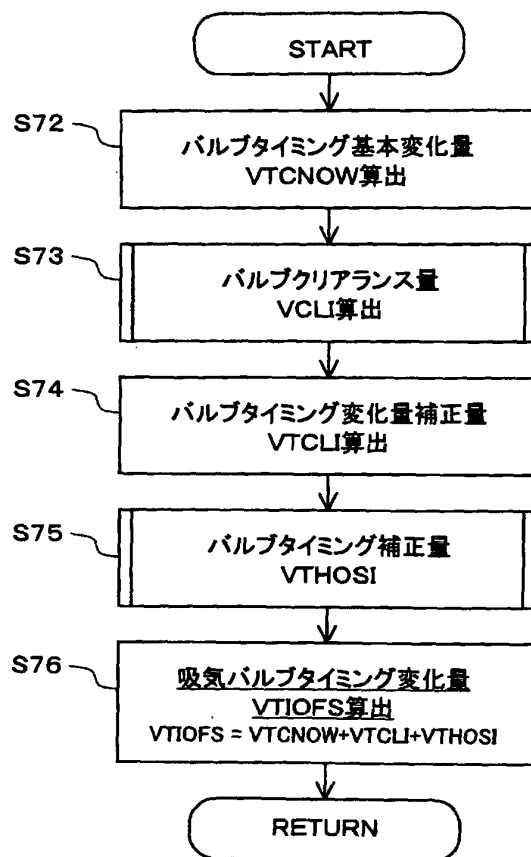
【図 27】



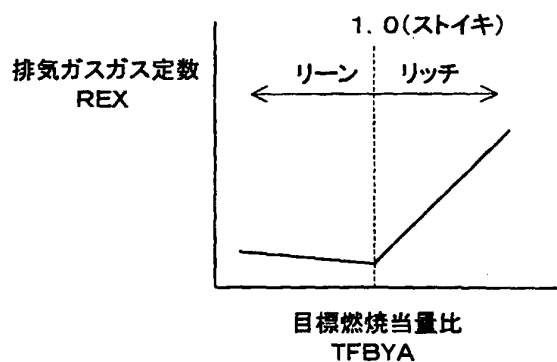
【図 2 8】



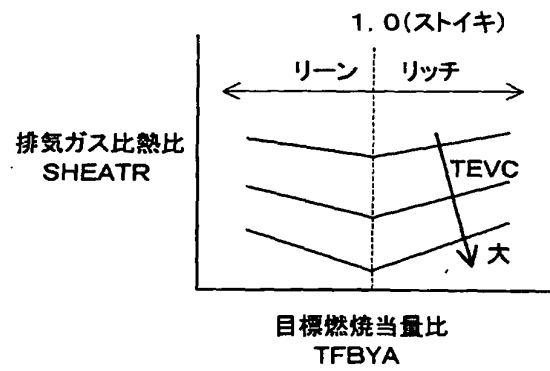
【図29】



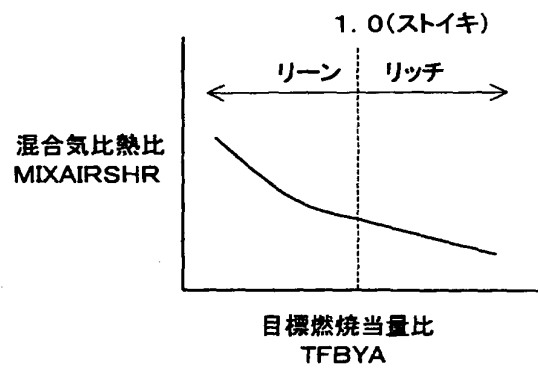
【図30】



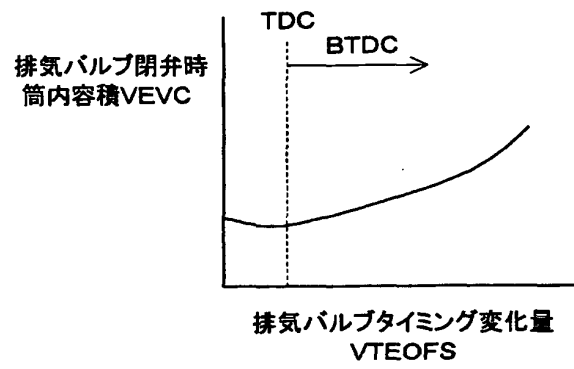
【図 3 1】



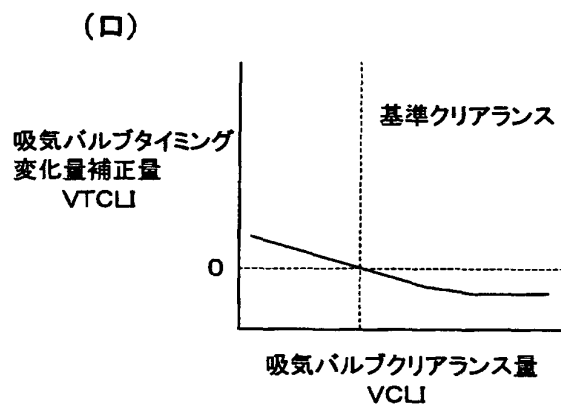
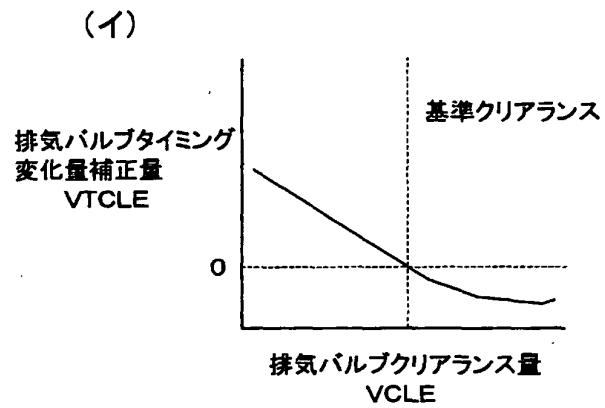
【図 3 2】



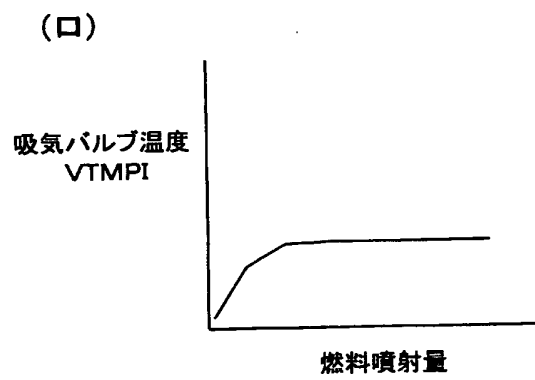
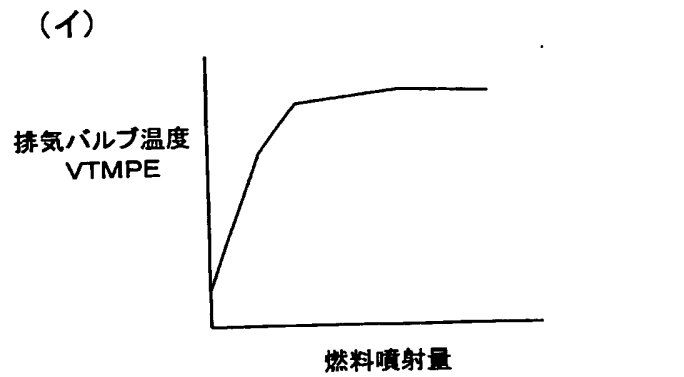
【図 3 3】



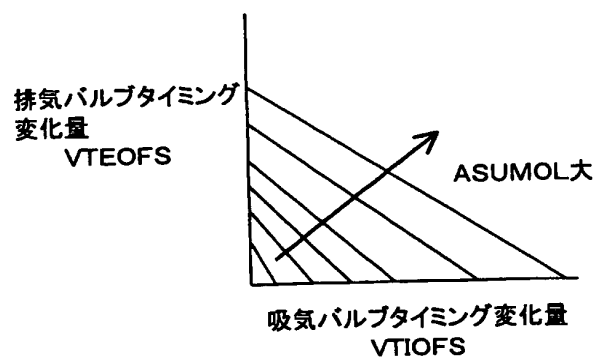
【図 34】



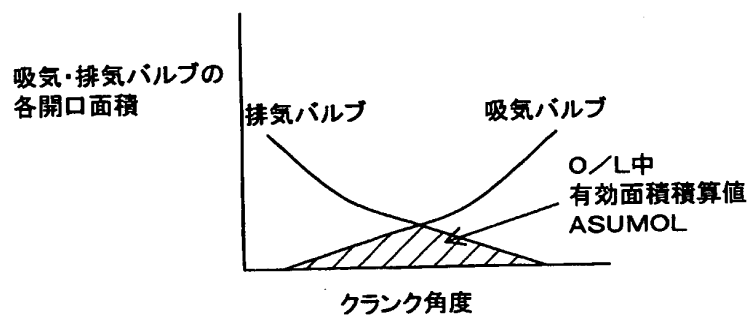
【図35】



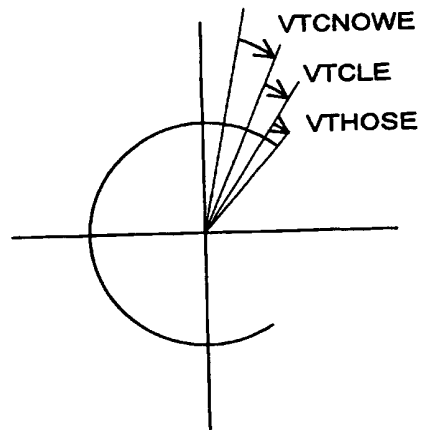
【図 36】



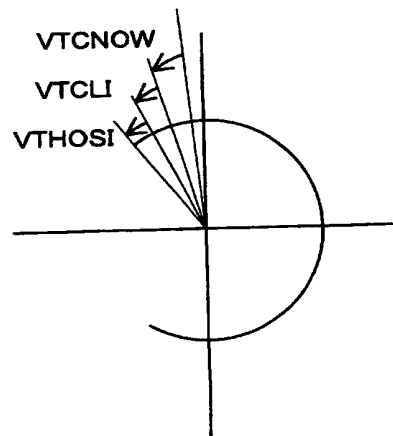
【図 37】



【図 38】



【図 39】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 バルブクリアランスを推定し、これに基づいてバルブタイミングを補正して、内部EGR量をより精度良く推定する。

【解決手段】 可変動弁ソレノイド22, 23の開閉タイミング変化量に基づいてバルブタイミングを算出し、これに基づいて算出される排気バルブ閉弁時の筒内温度、筒内圧力、ガス定数、筒内容積から筒内ガス量を算出する。また、吸気バルブ開期間及び排気バルブ開期間のオーバーラップ中の吹き返しガス量を算出する。そして、筒内ガス量と吹き返しガス量との算出値に基づいて、内部EGR量を算出する。ここで、前記バルブタイミングの算出に際して、バルブ温度に基づいてバルブクリアランス量を推定し、これによってバルブタイミングを補正する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003997]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
氏 名 日産自動車株式会社